



**SKRIPSI – ME141501**

**STUDI HAMBATAN KAPAL AKIBAT PERBEDAAN  
OPERASIONAL SISTEM PROPULSI PADA KAPAL  
FERRY TRIPLE SCREW**

**Aditya Fajar Kurniawan**

**NRP. 4211546000001**

**Dosen Pembimbing**

Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.

Achmad Baidowi, S.T., M.T.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



**UNDERGRADUATE THESIS – ME141501**

**STUDY OF RESISTANCE DUE TO DIFFERENCES OF  
OPERATIONS SHIP PROPULSION SYSTEMS FERRY  
SHIP ON TRIPLE SCREW**

**Aditya Fajar Kurniawan**

**NRP. 4211546000001**

**Supervisor**

Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.

Achmad Baidowi, S.T., M.T.

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI HAMBATAN KAPAL AKIBAT PERBEDAAN OPERASIONAL  
SISTEM PROPULSI KAPAL FERRY TRIPLE SCREW  
TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine Manufacture Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Aditya Fajar Kurniawan**  
NRP. 04211546000001

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

**Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.**  
NIP. 1969 1225 1997 02 1001

**Achmad Baidowi, S.T., M.T.**  
NIP. -



SURABAYA  
Januari 2018

v

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI HAMBATAN KAPAL AKIBAT PERBEDAAN OPERASIONAL SISTEM  
PROPULSI KAPAL FERRY TRIPLE SCREW**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Marine Manufacturing and Design  
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Aditya Fajar Kurniawan**  
NRP. 04211546000001

Disetujui Oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



**Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.**  
NIP. 1997 08022008 01 1007

Surabaya, Januari 2018

vii

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## **STUDI HAMBATAN KAPAL AKIBAT PERBEDAAN OPERASIONAL SISTEM PROPULSI PADA KAPAL FERRY TRIPLE SCREW**

Nama Mahasiswa : Aditya Fajar Kurniawan  
NRP : 4211546000001  
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing : 1. Irfan Syarif Arief, S.T.,M.T.  
2. Achmad Baidowi, S.T.,M.T.

### **ABSTRAK**

Modifikasi pada system propulsi banyak dilakukan demi memenuhi performa kapal. Salah satu kajian yang dilakukan adalah modifikasi pada system propulsi dengan penambahan propeller baru. Perubahan system propulsi dari single screw propeller menjadi triple screw propeller akan berpengaruh terhadap tahanan kapal yang dihasilkan, serta kecepatan kapal dan kebutuhan dari daya engine. Fokus dari penelitian ini adalah besarnya nilai tahanan kapal yang dihasilkan ketika kapal beroperasi dengan twins propeller dengan tahanan tambahan satu propeller diam dan ketika kapal beroperasi dengan single propeller dengan tahanan tambahan twins propeller diam. Simulasi dilakukan dengan metode Computational Fluid Dynamics (CFD). Berdasarkan hasil analisa Computational Fluid Dynamics (CFD) dapat dilihat bahwa nilai tahanan kapal pada kecepatan maximum 17,5 knot pada kondisi lambung kapal tanpa adanya propeller sebesar 238,472 kN, pada kondisi lambung kapal dengan adanya tambahan single propeller diam sebesar 294,475 kN, pada kondisi lambung kapal dengan adanya tambahan twin propeller diam sebesar 266,886 kN.

Kata Kunci : CFD, Daya, Kecepatan, Tahanan Kapal, Tahanan Tambahan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **STUDY OF RESISTANCE DUE TO DIFFERENCES OF OPERATIONS SHIP PROPULSION SYSTEMS FERRY SHIP ON TRIPLE SCREW**

Student Name : Aditya Fajar Kurniawan  
NRP : 4211546000001  
Department : Teknik Sistem Perkapalan  
Lecturer : 1. Irfan Syarif Arief, S.T.,M.T.  
2. Achmad Baidowi, S.T.,M.T.

## **ABSTRACT**

Modification to the propulsion system are mostly done to meet the performance of the ship. One of the studies conducted is modification on the propulsion system with the addition of new propeller. The change of the propulsion system from single screw propeller to triple screw propeller will affect the ship resistance, as well as the speed of the vessel and the need of engine power. The focus of this study is the magnitude of the vessel resistance value generated when the ship operates with twins propellers with the additional resistance of one silver propeller and when the ship operates with a single propeller with the additional resistance of the twins propeller on idle condition. The simulation is done by Computational Fluid Dynamics (CFD) method. Based on the results of Computational Fluid Dynamics Analysis (CFD) can be seen at the maximum size of 17.5 knots on the hull condition of the ship without the presence of propeller of 238,472 kN, on the hull condition of the ship with the addition of single propeller silent of 294.475 kN, on the state of the ship's hull additional twin propeller silent of 266,886 kN.

Keywords : CFD, Power, Speed, Ship Resistance, Added Resistance.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur alhamdulillah penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan seluruh rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Skripsi dengan judul “Studi Hambatan Kapal Akibat Perbedaan Operasional Sistem Propulsi Pada Kapal Ferry Triple Screw)” dengan baik.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana (S1) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyusunan dan pengerjaan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral yang sangat berarti dari berbagai pihak. Sebagai bentuk rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Ibu Sri Rahayu, dan Bapak Didik Prasetyo Widodo, serta semua anggota keluarga yang telah memberikan doa, motivasi serta semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir / Skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng., M. Badrus Zaman, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya.
3. Bapak Irfan Syarif Arief, ST. MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
4. Bapak Achmad Baidowi, ST. MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
5. Bapak Juniarko Prananda, ST. MT selaku dosen wali, yang selama ini mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
6. Andrew Cristian Pramusinta, ST. dan Arroofita Ani Sandiya, S.Farm. yang selalu memberikan arahan dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir / Skripsi ini.
7. Lolita Lanesi yang selalu memberi arahan, nasehat, motivasi dan memberi kasih sayang kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir / Skripsi ini.
8. Ryan Prayogo, A.Md., Tri Nanda Febrianto, A.Md., Lukman Arif Abriansyah, A.Md., Rachmadi Wahyu Adjie, ST. ,Gria Madya, A.Md. dan Gilang Elsa Pratama, A.Md. sebagai teman “overtime” yang selalu memberi bantuan ilmu dan materi, serta semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir / Skripsi ini.
9. Teman-teman seperjuangan ITS-117 di lab MMD yang selalu memberikan dukungan serta semangat kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir / Skripsi ini.
10. Teman-teman Lintas Jalur 2015 yang selalu memberikan semangat serta doa dan dukungan.
11. Semua pengurus dan anggota Laboratorium “Marine Manufacture and Design (MMD)” yang telah memberikan semangat dan transfer ilmu selama pengerjaan Tugas Akhir / Skripsi ini.
12. Serta semua teman, sahabat dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam membantu menyelesaikan skripsi ini.

Dalam pembuatan laporan Skripsi ini penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan analisa masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun bagi penulis. Akhir kata, semoga dengan semua ini mendapat berkah dan rahmat Allah SWT sehingga analisa pembuatan design dapat berkembang dan dapat diterapkan untuk industri perkapalan.

Surabaya, 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

|  |       |
|--|-------|
| HALAMAN JUDUL.....   | vi    |
| LEMBAR PENGESAHAN.....   | x     |
| ABSTRAK .....  | xiv   |
| ABSTRACT .....   | xvi   |
| KATA PENGANTAR.....  | xviii |
| DAFTAR ISI .....   | xx    |
| DAFTAR GAMBAR .....  | xxiii |
| DAFTAR GRAFIK .....  | xxv   |
| DAFTAR TABEL .....   | xxvi  |
| DAFTAR LAMPIRAN .....  | xxvii |
| 1. BAB I .....   | 1     |
| 1.1 Latar Belakang.....  | 1     |
| 1.2 Perumusan Masalah .....  | 1     |
| 1.3 Tujuan Skripsi .....   | 2     |
| 1.4 Manfaat .....  | 2     |
| 1.5 Batasan Masalah .....  | 2     |
| 2. BAB II .....  | 3     |
| 2.1 Tahanan Kapal .....  | 3     |
| 2.1.1 Jenis- Jenis Tahanan Kapal .....   | 3     |
| 2.2 Karakteristik Mesin Diesel .....   | 5     |
| 2.2.1 Distribusi Daya di Kapal .....   | 5     |
| 2.3 Propeller .....  | 9     |
| 2.4 Engine Propeller Matching.....   | 10    |
| 2.4.1 Karakteristik Lambung dan Baling – Baling ( <i>Hull and Propeller Characteristics</i> )..... | 11    |
| 2.5 Maxsurf.....   | 13    |
| 2.6 CFD ( <i>Computational Fluid Dynamic</i> ).....  | 15    |
| 2.7 NUMECA CFD .....   | 16    |
| 3. BAB III.....  | 17    |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.1   | Alur Penelitian.....  | 17 |
| 3.2   | Identifikasi dan Perumusan Masalah.....                                       | 18 |
| 3.3   | Studi Literatur.....  | 18 |
| 3.4   | Pengumpulan Data.....   | 18 |
| 3.5   | Pemodelan .....   | 19 |
| 3.5.1 | Pemodelan Lambung Kapal .....   | 19 |
| 3.5.2 | Pemodelan <i>Propeller</i> .....  | 20 |
| 3.5.3 | Pemodelan Lambung Kapal dengan Adanya Tambahan <i>Propeller</i> .....         | 21 |
| 3.6   | Simulasi .....  | 22 |
| 3.6.1 | Proses Geometri CAD.....  | 22 |
| 3.6.2 | Domain .....  | 22 |
| 3.6.3 | <i>Boundary</i> .....   | 24 |
| 3.6.4 | <i>Meshing</i> .....  | 24 |
| 3.6.5 | Hasil Simulasi Model .....  | 26 |
| 3.6.6 | Validasi.....   | 27 |
| 3.7   | Analisa dan Pembahasan .....  | 27 |
| 3.8   | Kesimpulan dan saran.....   | 27 |
| 4.    | BAB IV .....  | 29 |
| 4.1   | Umum .....  | 29 |
| 4.2   | Pengumpulan Data.....   | 29 |
| 4.2.1 | Ukuran Pokok Kapal .....  | 29 |
| 4.2.2 | Data Lines Plan .....   | 29 |
| 4.2.3 | Data Engine .....   | 30 |
| 4.2.4 | Data <i>Propeller</i> .....   | 30 |
| 4.3   | Pembuatan Model Lambung Kapal .....   | 31 |
| 4.4   | Analisa Tahanan Model Kapal .....   | 32 |
| 4.4.1 | Analisa Tahanan Kapal ( <i>Maxsurf</i> ) .....                                | 32 |
| 4.4.2 | Analisa Hambatan Kapal ( <i>NUMECA Fine Marine</i> ) .....                    | 34 |
| 4.5   | Perbandingan Nilai Tahanan <i>Maxsurf</i> dan <i>NUMECA Fine Marine</i> ..... | 41 |
| 4.6   | Validasi Model .....  | 43 |



|                       |  |    |
|-----------------------|--|----|
| 4.6.1                 | Validasi Kebutuhan Daya <i>Engine</i> ( <i>Software Maxsurf</i> ) .....                    | 43 |
| 4.6.2                 | Validasi Kebutuhan Daya <i>Engine</i> ( <i>Software NUMECA Fine Marine</i> ) .....         | 45 |
| 4.6.3                 | Hasil Perbandingan Validasi Nilai Daya .....   | 46 |
| 4.7                   | Pembuatan Model Lambung Kapal dengan tambahan <i>Propeller</i> .....                       | 46 |
| 4.7.1                 | Pemodelan Lambung Kapal dengan <i>Single Propeller</i> .....                               | 46 |
| 4.7.2                 | Pemodelan Lambung Kapal dengan <i>Twin Propeller</i> .....                                 | 47 |
| 4.8                   | Hasil Simulasi Tahanan Kapal dengan Tambahan <i>Propeller</i> .....                        | 48 |
| 4.9                   | <i>Engine Propeller Matching</i> (Lambung Kapal dengan <i>Twin Propeller</i> Diam) .....   | 54 |
| 4.9.1                 | Perhitungan Nilai <i>wake fraction</i> dan <i>thrust deduction factor</i> ....             | 54 |
| 4.9.2                 | Perhitungan Koefisiensi $\alpha$ dan $\beta$ .....   | 54 |
| 4.9.3                 | <i>Hull Propeller Match</i> .....  | 55 |
| 4.9.4                 | Membuat Grafik <i>Propeller Open Water Test</i> KQ KT J .....                              | 57 |
| 4.9.5                 | Pembacaan Grafik <i>Open Water Test</i> .....  | 59 |
| 4.10                  | <i>Engine Propeller Matching</i> (Lambung Kapal dengan <i>Single Propeller</i> Diam) ..... | 61 |
| 4.10.2                | Perhitungan Nilai <i>wake fraction</i> dan <i>thrust deduction factor</i> ....             | 61 |
| 4.10.2                | Perhitungan Koefisien $\alpha$ dan $\beta$ .....   | 62 |
| 4.10.3                | <i>Hull Propeller Match</i> .....  | 62 |
| 4.10.4                | Membuat Grafik <i>Propeller Open Water Test</i> KQ KT J .....                              | 64 |
| 4.10.5                | Pembacaan Grafik <i>Open Water Test</i> .....  | 65 |
| BAB V                 | .....  | 71 |
| 5.1                   | Kesimpulan .....   | 71 |
| 5.2                   | Saran .....  | 71 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> | .....  | 73 |
| <b>LAMPIRAN</b>       | .....  | 75 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Tahanan pada Kapal .....                                      | 3  |
| Gambar 2.2 Distribusi Daya <i>Engine</i> ke <i>Propeller</i> .....       | 6  |
| Gambar 2.3 Diagram Kt-Kq-J <i>Open Water Test</i> .....                  | 9  |
| Gambar 2.4 Karakteristik Beban <i>Propeller</i> .....                    | 10 |
| Gambar 2.5 <i>Matching Point Engine &amp; Propeller</i> .....            | 10 |
| Gambar 2.6 <i>Matching Point Engine &amp; Propeller</i> .....            | 12 |
| Gambar 2.7 Contoh Tabel Perhitungan Pprop .....                          | 13 |
| Gambar 2.8 Karakteristik Beban <i>Propeller</i> .....                    | 13 |
| Gambar 2.9 Pemodelan Lambung Kapal dari Software Maxsurf .....           | 14 |
| Gambar 2.10 Penentuan Boundary Condition dan Meshing[11] .....           | 15 |
| Gambar 2.11 Analisa Aliran pada CFD[4].....                              | 15 |
| Gambar 2.12 Simulasi Tahanan Kapal dari Software NUMECA CFD .....        | 16 |
| Gambar 2.13 Simulasi Tahanan Kapal dari Software NUMECA CFD .....        | 16 |
| Gambar 3.1 Flow Chart Diagram .....                                      | 18 |
| Gambar 3.2 Pemodelan <i>Hull</i> Pandangan Prespective .....             | 19 |
| Gambar 3.3 Pemodelan <i>Hull</i> Pandangan Samping .....                 | 19 |
| Gambar 3.4 Pemodelan <i>Hull</i> Pandangan Atas .....                    | 20 |
| Gambar 3.5 Geometri <i>Propeller</i> .....                               | 20 |
| Gambar 3.6 Model Lambung Kapal dengan <i>Single Propeller</i> .....      | 21 |
| Gambar 3.7 Model Lambung Kapal dengan <i>Twin Propeller</i> .....        | 21 |
| Gambar 3.8 Posisi <i>Propeller</i> .....                                 | 22 |
| Gambar 3.9 Standart Ukuran Boundary Domain .....                         | 23 |
| Gambar 3.10 Pemodelan Lambung Kapal .....                                | 23 |
| Gambar 3.11 Proses Substract.....  | 23 |
| Gambar 3.12 Proses Pembuatan <i>Domain</i> .....                         | 24 |
| Gambar 3.13 Penentuan <i>Boundary</i> .....                              | 24 |
| Gambar 3.14 Proses <i>Meshing</i> .....                                  | 25 |
| Gambar 3.15 Hasil <i>Meshing</i> .....                                   | 25 |
| Gambar 3.16 Jumlah <i>Cells</i> dalam Proses <i>Meshing</i> .....        | 26 |
| Gambar 3.17 Hambatan Kapal pada Software NUMECA <i>Fine Marine</i> ..... | 26 |
| Gambar 4.1 Gambar Lines Plan <i>Hull</i> Kapal .....                     | 29 |
| Gambar 4.2 Pemodelan <i>Hull</i> Pandangan Prespective .....             | 31 |
| Gambar 4.3 Pemodelan <i>Hull</i> Pandangan Samping .....                 | 31 |
| Gambar 4.4 Pemodelan <i>Hull</i> Pandangan Atas .....                    | 31 |
| Gambar 4.5 Standart Ukuran <i>Boundary Domain</i> .....                  | 35 |
| Gambar 4.6 Pemodelan Lambung Kapal .....                                 | 35 |
| Gambar 4.7 Proses <i>Substract</i> .....                                 | 35 |
| Gambar 4.8 Proses Pembuatan <i>Domain</i> .....                          | 36 |
| Gambar 4.9 Penentuan <i>Boundary</i> .....                               | 36 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4.10 Proses <i>Meshing</i> .....   | 37 |
| Gambar 4.11 Hasil <i>Meshing</i> .....  | 37 |
| Gambar 4.12 Jumlah <i>Cells</i> dalam Proses <i>Meshing</i> .....   | 38 |
| Gambar 4.13 Hasil Simulasi Gelombang pada Kecepatan 17,5 knot .....   | 39 |
| Gambar 4.14 Hasil Simulasi Gelombang pada Kecepatan 17,5 knot .....   | 40 |
| Gambar 4.15 Kontur Aliran Fluida di Lambung pada Kecepatan 17,5 knot ..   | 40 |
| Gambar 4.16 Analisa Tahananana Kapal pada <i>Software NUMECA Fine Marine</i><br>.....   | 41 |
| Gambar 4.17 Geometri <i>Propeller</i> B4-B5 .....   | 47 |
| Gambar 4.18 Model Lambung Kapal dengan <i>Single Propeller</i> .....  | 47 |
| Gambar 4.19 Geometri <i>Propeller</i> B5-90.....  | 48 |
| Gambar 4.20 Model Lambung Kapal dengan <i>twin Propeller</i> .....  | 48 |
| Gambar 4.21 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 17,5 knot (lambung<br>kapal dengan single propeller) .....                | 49 |
| Gambar 4.22 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 17,5 knot (lambung<br>kapal dengan twin propeller).....                   | 49 |
| Gambar 4.23 Hasil Simulasi Gelombang pada Kecepatan 17,5 knot (Lambung<br>Kapal dengan <i>single Propeller</i> ).....         | 50 |
| Gambar 4.24 Hasil Simulasi Gelombang pada Kecepatan 17,5 knot (Lambung<br>Kapal dengan <i>Twin Propeller</i> ) .....          | 50 |
| Gambar 4.25 Kontur Aliran Fluida di Lambung pada Kecepatan 17,5 knot<br>(Lambung Kapal dengan <i>Single Propeller</i> ) ..... | 51 |
| Gambar 4.26 Kontur Aliran Fluida di Lambung pada Kecepatan 17,5 knot<br>(Lambung Kapal dengan <i>Twin Propeller</i> ) .....   | 51 |
| Gambar 4.27 Analisa Hambatan Kapal pada Software NUMECA Fine Marine<br>(Lambung Kapal dengan <i>Single Propeller</i> ) .....  | 52 |
| Gambar 4.28 Analisa Hambatan Kapal pada Software NUMECA Fine Marine<br>(Lambung Kapal dengan <i>Twin Propeller</i> ) .....    | 52 |

## DAFTAR GRAFIK

|  |    |
|--|----|
| Grafik 4.1 Hasil Tahanan Kapal Maxsurf (holtrop) .....         | 34 |
| Grafik 4.2 Perbandingan Nilai Tahanan Kapal .....              | 42 |
| Grafik 4.3 Hasil Nilai Hambatan Kapal .....                    | 54 |
| Grafik 4.4 KT-J Hull Diagram .....                             | 57 |
| Grafik 4.5 KT-J Hull Diagram .....                             | 57 |
| Grafik 4.6 KT-KQ-J Diagram .....                               | 58 |
| Grafik 4.7 <i>Open Water Test Diagram</i> Kec 17,5 knot .....  | 59 |
| Grafik 4.8 <i>Engine Propeller Matching</i> (Vs – BHP).....    | 61 |
| Grafik 4.9 KT-J Hull Diagram .....                             | 64 |
| Grafik 4.10 KT-J Hull Diagram .....                            | 64 |
| Grafik 4.11 KT-KQ-J Diagram .....                              | 65 |
| Grafik 4.12 <i>Open Water Test Diagram</i> Kec 17,5 knot ..... | 66 |
| Grafik 4.13 <i>Engine Propeller Matching</i> (Vs – BHP).....   | 68 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Sea Margin Berdasarkan Rute Pelayaran .....                                   | 5  |
| Tabel 3.1 Data Spesifikasi <i>Propeller</i> .....                                       | 20 |
| Tabel 3.2 Hasil Validasi Elemen <i>Meshing</i> .....                                    | 27 |
| Tabel 4.1 Data Daya Mesin Induk .....   | 30 |
| Tabel 4.2 Data <i>Propeller</i> .....   | 30 |
| Tabel 4.3 Hasil Tahanan Maxsurf (holtrop) .....   | 32 |
| Tabel 4.4 Hasil Validasi Elemen <i>Meshing</i> .....                                    | 39 |
| Tabel 4.5 Perbandingan Nilai Tahanan Kapal .....  | 42 |
| Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Daya Engine .....  | 46 |
| Tabel 4.7 Hasil Nilai Hambatan Kapal .....  | 53 |
| Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Koefisien $\alpha$ dan $\beta$ .....                        | 55 |
| Tabel 4.9 Hasil Perhitungan KT-J Kondisi <i>Clean Hull</i> dan <i>Rough Hull</i> .....  | 56 |
| Tabel 4.10 KT-KQ-J .....  | 58 |
| Tabel 4.11 Hasil Pembacaan grafik nilai KT KQ J .....                                   | 59 |
| Tabel 4.12 Hasil <i>Engine Propeller Matching</i> Kondisi <i>Clean Hull</i> .....       | 60 |
| Tabel 4.13 Hasil <i>Engine Propeller Matching</i> Kondisi <i>Service</i> .....          | 60 |
| Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Koefisien $\alpha$ dan $\beta$ .....                       | 62 |
| Tabel 4.15 Hasil Perhitungan KT-J Kondisi <i>Clean Hull</i> dan <i>Rough Hull</i> ..... | 63 |
| Tabel 4.16 KT-KQ-J .....  | 65 |
| Tabel 4.17 Hasil pembacaan grafik nilai KT KQ J .....                                   | 66 |
| Tabel 4.18 Hasil <i>Engine Propeller Matching</i> Kondisi <i>Clean Hull</i> .....       | 67 |
| Tabel 4.19 Hasil <i>Engine Propeller Matching</i> Kondisi <i>Service</i> .....          | 67 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |     |
|---|-----|
| Lampiran 1 Lines Plan Kapal.....  | 75  |
| Lampiran 2 Data Engine Existing .....   | 76  |
| Lampiran 3 Data Engine Baru (Twin).....   | 77  |
| Lampiran 4 Tabel Hasil Nilai Tahanan (Maxurf) .....   | 78  |
| Lampiran 5 Grafik Hasil Nilai Tahanan (Maxurf) .....  | 79  |
| Lampiran 6 Hasil Validasi Meshing NUMECA Fine Marine.....   | 80  |
| Lampiran 7 Hasil Simulasi NUMECA Fine Marine .....  | 81  |
| Lampiran 8 Hasil Simulasi Gelombang (NUMECA Fine Marine).....   | 83  |
| Lampiran 9 Kurva Open Water test diagram (lambung kapal dengan tahanan tambahan twin propeller ) .....    | 95  |
| Lampiran 10 Kurva Open Water test diagram (lambung kapal dengan tahanan tambahan single propeller ) ..... | 101 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada masa ini banyak modifikasi dan perlakuan yang dilakukan terhadap sebuah kapal demi memenuhi performa dari kapal serta dapat meningkatkan keselamatan kapal terhadap awak kapal. Menurut peraturan SOLAS II-1/8-1 dan II-2/21, "*kapal harus dapat kembali ke pelabuhan setelah terjadi sebuah insiden, pengembalian kapal yang aman ke pelabuhan dengan menggunakan system propulsi sendiri*". Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor PM 80 tahun 2015, Pasal 1 ayat 3a bahwa "*Kapal Angkutan Penyeberangan adalah kapal motor penyebrangan (KMP) yang merupakan kendaraan air yang digerakkan tenaga mekanik, berfungsi sebagai jembatan bergerak untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya yang masuk dan keluar melalui pintu rampa yang berbeda, memiliki konstruksi lambung dasar ganda (double bottom) serta memiliki paling sedikit 2 (dua) mesin induk*". Sehingga untuk mengikuti regulasi dan melaksanakan peraturan pemerintah salah satu kajian yang dilakukan adalah melakukan modifikasi pada sistem propulsi dengan penambahan mesin induk, dengan adanya penambahan mesin induk berpengaruh terhadap penambahan system penggerak kapal berupa *propeller*. Dimana dalam penambahan *propeller* ini akan berpengaruh terhadap nilai tahanan kapal serta gaya dorong kapal. Sehingga berdampak terhadap daya (*power*) kapal yang berkorelasi dengan kecepatan yang dibutuhkan kapal untuk beroperasi. Sehingga perhitungan tahanan kapal sangat diperhatikan, karena semakin kecil tahanan total kapal maka semakin kecil pula gaya dorong yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal tersebut.

Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai hambatan kapal akibat perbedaan operasional sistem *propulsi* pada kapal *triple screw*. Salah satu fokus penelitian mengenai kapal ini adalah hambatan yang terjadi pada kapal, ketika kapal beroperasi menggunakan *twins propeller* dengan tahanan tambahan satu *propeller* diam dan ketika kapal beroperasi menggunakan *single propeller* dengan tahanan tambahan *twins propeller diam*. Perbedaan kedua kondisi operasional tersebut akan berpengaruh terhadap perubahan nilai tahanan kapal yang berdampak terhadap daya (*power*) kapal yang berkorelasi dengan kecepatan yang dibutuhkan kapal untuk beroperasi. Penelitian ini diharapkan akan didapatkan *presentase* besar perubahan tahanan kapal akibat perbedaan kondisi operasional. Penelitian dilakukan dengan cara mendesign dan menganalisa dengan menggunakan model 3D dengan program *Maxsurf* serta melakukan simulasi *NUMECA Fine Marine CFD* untuk mendapatkan nilai hambatan kapal.

### 1.2 Perumusan Masalah

Pokok permasalahan dalam tugas akhir ini adalah perbandingan nilai hambatan yang terjadi pada kapal, ketika kapal beroperasi menggunakan *twins propeller* dengan tahanan tambahan satu *propeller* diam dan ketika kapal beroperasi menggunakan *single propeller* dengan tahanan tambahan *twins propeller diam*. Perbedaan kedua kondisi operasional tersebut akan berpengaruh terhadap

perubahan nilai tahanan kapal. Perubahan nilai tahanan tersebut juga akan dilakukan analisa mengenai kecepatan kapal dan kebutuhan daya dari *main engine* akibat perbedaan operasional sistem *propulsi*. Sehingga pada saat operasional kapal dapat menggunakan sistem *propulsi* dengan *single propeller* atau *twin propeller*.

### **1.3 Tujuan Skripsi**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

- Mengetahui dan membandingkan besar perubahan tahanan kapal akibat perbedaan operasional sistem *propulsi* dengan tahanan tambahan *propeller* diam.
- Menganalisa dan membandingkan pengaruh perubahan tahanan kapal terhadap kecepatan kapal dan kebutuhan daya dari *main engine* kapal.

### **1.4 Manfaat**

Manfaat yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

- Dapat diketahui *presentase* perubahan tahanan kapal akibat perbedaan operasional sistem *propulsi* pada setiap kondisi.
- Mendapatkan kesesuaian kecepatan service kapal akibat perbedaan operasional sistem propulsi.
- Digunakan sebagai bahan referensi untuk penulisan tugas akhir selanjutnya.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

- Pengolahan data dan simulasi menggunakan *software Maxsurf* dan *NUMECA Fine Marine (CFD)*.
- Stabilitas kapal tidak diperhitungkan.
- Tidak menghitung efisiensi dari perbedaan operasional sistem *propulsi*.
- Analisa hanya terbatas pada tahanan kapal yang dihasilkan akibat perbedaan sistem operasional sistem *propulsi*.

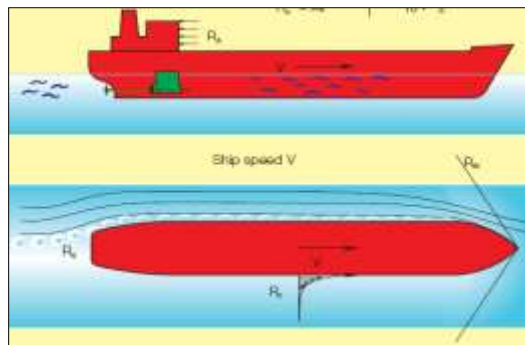


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tahanan Kapal

Untuk menggerakkan sebuah kapal, hal yang diperhatikan pertama kali adalah tahanan. Tahanan (*resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa hingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. *Resistance* merupakan istilah yang disukai dalam *hidrodinamika* kapal, sedangkan istilah *drag* umumnya dipakai dalam *aerodinamika* dan untuk benda benam. Perhitungan dari tahanan ini memainkan peranan dalam pemilihan *propeller* dan pemilihan mesin induk. Menurut buku tahanan dan *propulsi* kapal, Sv. Aa. Harvald, tahanan sebuah kapal pada dasarnya dipengaruhi oleh kecepatan, *displacement* dan bentuk hull kapal. [5]



Gambar 2.1 Tahanan pada Kapal

(sumber : <http://www.rider-system.net/2012/12/tahanan-kapal.html>)

Tahanan kapal ini merupakan gaya hambat dari media fluida yang dilalui oleh kapal saat beroperasi dengan kecepatan tertentu. Besarnya gaya hambat total ini merupakan jumlah dari semua komponen gaya hambat (tahanan) yang bekerja di kapal, meliputi Tahanan Gesek, Tahanan Gelombang, Tahanan *Appendages*, Tahanan Udara, dsb.[3] Secara sederhana Tahanan Total Kapal dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut : (Engine Propeller Matching, S.W. Adji, hal II. 7) [1]

$$R_t = C_t (1/2 \times \rho \times V_s^2 \times S) \quad (1)$$

Dimana :

$C_t$  = koefisien tahanan total

$\rho$  = massa jenis air laut, yaitu 1.025 (ton/m<sup>3</sup>)

$V_s$  = kecepatan dinas (m/s)

$S$  = *wetted surface area*, (m<sup>2</sup>)

##### 2.1.1 Jenis- Jenis Tahanan Kapal

Tahanan total pada kapal terdiri dari komponen – komponen bagian kapal yang mempunyai kemungkinan menimbulkan gaya hambat atau *resistance*. Pada prinsipnya ada dua bagian kapal yang mengalami gaya hambat, yaitu bagian kapal

yang terbenam dan area bagian kapal diatas permukaan air karena udara juga mempunyai faktor hambat pada kondisi tertentu. [8] Ada berbagai macam jenis tahanan pada kapal antaranya sebagai berikut :

A. Tahanan Gesek

Tahanan Gesek terjadi akibat gesekan permukaan basah kapal dengan media yang dilaluinya, oleh karena semua fluida mempunyai nilai *viskositas* inilah menimbulkan gesekan tersebut. Atau komponen tahanan yang diperoleh dengan jalan mengintegalkan tegangan *tangensial* keseluruhan permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal.

B. Tahanan Sisa

Tahanan Sisa  $R_r$  (*Residual Resistance*) adalah kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari tahanan total badan kapal, suatu tahanan gesek yang merupakan hasil perhitungan yang diperoleh dengan memakai rumus khusus.

C. Tahanan Viskos

Tahanan Viskos ,  $R_V$  (*Viskos Resistance*) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh *viskos/kekentalan*.

D. Tahanan Tekanan

Tahanan Tekanan  $R_P$  (*Pressure Resistance*) adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan jalan mengintegalkan tegangan normal keseluruhan permukaan kapal menurut arah gerakan kapal.

E. Tahanan Gelombang

Tahanan Gelombang,  $R_W$  (*Wavemaking Resistance*) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan untuk menimbulkan gelombang gravitasi. Dimana untuk tiap titik disepanjang lambung dimungkinkan memiliki perbedaan tekanan.

F. Tahanan Kekasaran

Tahanan Kekasaran (*Roughness Resistance*) adalah tahanan akibat kekasaran permukaan badan kapal misalnya akibat korosi dan *fouling* (pengotoran) pada badan kapal.

G. Tahanan Udara

Tahanan Udara (*Air Resistance*) adalah tahanan yang dialami bagian atas permukaan air serta bangunan atas (*superstructure*) karena gerakan kapal yang menyusuri udara. Pada kapal untuk bagian *deck/platform* berkenaan langsung dengan udara bebas, menimbulkan tahanan yang nilainya cukup berarti ketika melaju dengan kecepatan tinggi, sehingga luasan bangunan atas perlu juga menjadi pertimbangan saat perencanaan.

Tahanan dan daya efektif yang dihitung memakai diagram yang diberikan disini berlaku untuk kapal dalam kondisi pelayaran percobaan yaitu untuk kondisi ideal dari segi angin, gelombang, kedalaman air, dan kemulusan badan kapal. Untuk kondisi rata-rata pelayaran dinas harus diberikan kelonggaran tambahan pada tahanan daya efektif yang disebabkan oleh angin laut, erosi, dan *fouling* pada badan kapal. Tambahan kelonggaran ini sangat bergantung pada jalur pelayaran. Kelonggaran rata-rata untuk pelayaran dinas (sea margin atau sea

service) untuk tahanan atau daya efektif diusulkan sebagai berikut : (Buku Tahanan dan Propulsi Kapal Sv. Aa. Harvald hal. 133)

Tabel 2.1 Sea Margin Berdasarkan Rute Pelayaran

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Jalur Pelayaran Atlantik Utara ke Timur        | Musim panas 15% dan musim dingin 20% |
| Jalur Pelayaran untuk Atlantik utara ke barat  | Musim panas 20% dan musim dingin 30% |
| Jalur Pelayaran Pasifik                        | 15 – 20 %                            |
| Jalur Pelayaran Atlantik selatan dan Australia | 12 – 18 %                            |
| Jalur Pelayaran Asia Timur                     | 10 – 20 %                            |

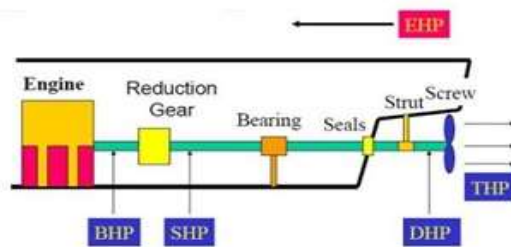
## 2.2 Karakteristik Mesin Diesel

Motor diesel adalah suatu motor yang menggunakan pengapian kompresi. Udara di dalam silinder-silindernya dikompresi sampai sedemikian sehingga menjadi cukup panas untuk mengkompresikan bahan bakar. Oleh karena itu motor diesel atau disebut juga motor pelayanan kompresi ( *compression ignition engine* ), motor diesel termasuk motor pembakaran dalam ( *internal combustion engine*) yaitu motor yang tenaganya diperoleh dari pembakaran bahan bakar pada motor itu sendiri. [2]

### 2.2.1 Distribusi Daya di Kapal

Dalam penentuan daya motor yang harus diperhatikan adalah daya BHP (*break horse power*) yang dibutuhkan untuk mendorong kapal, baik dalam kondisi SCR (*service continuos rating*) maupun dalam kondisi MCR (*maximum continuos rating*). BHP motor yang dibutuhkan didapatkan dari perhitungan tahanan kapal. Hal ini yang perlu diperhatikan adalah putaran dan karakteristik *propeller*. Sedangkan karakteristik yang harus diketahui adalah daerah kerja dari daya maupun putaran motor. Selisih antara BHP MCR dan SCR disebut *engine margine*. Harga *engine margine* biasanya sekitar 10 – 15% dari kondisi SCR. Pada kondisi operasional terdapat pertimbangan kondisi cuaca dan perairan. [6]

Secara umum kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*). Daya yang disalurkan (DHP) ke alat gerak kapal adalah berasal dari Daya Poros (SHP), sedangkan Daya Poros sendiri bersumber dari Daya Rem (BHP) yang merupakan daya luaran motor penggerak kapal. Ada beberapa pengertian mengenai daya yang sering digunakan didalam melakukan estimasi terhadap kebutuhan daya pada sistem penggerak kapal, antara lain : (Engine Propeller Matching, S.W. Adji, hal I.1) [1]



Gambar 2.2 Distribusi Daya Engine ke Propeller  
(sumber : Helmidadang's Blog)

**A. BHP (Brake Horse Power)**

BHP (*Brake Horse Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh penggerak utama kapal. Penggerak utama kapal adalah bagian dari sistem penggerak yang mengkonversikan energi kalor menjadi energi mekanis (putaran). Untuk kebanyakan kapal, penggerak utama kapal adalah berupa turbin uap, turbin gas, atau juga motor diesel. [3]

$$BHP = \frac{SHP}{\eta_G} \quad (2)$$

Dimana :

SHP = *Shaft Horse Power*(HP)

$\eta_G$  = Effisiensi roda sistem gigi transmisi (%)

**B. SHP (Shaft Horse Power)**

SHP (*Shaft Horse Power*) adalah daya keluaran dari *reduction gear* (jika terdapat *reduction gear*). *Reduction gear* diperlukan untuk menurunkan putaran yang tinggi tiap menitnya (*rpm*) dari penggerak utama hingga mencapai putaran yang sesuai dengan putaran *propeller* pada operasi yang optimal. [3]

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_s \eta_b} \quad (3)$$

Dimana :

DHP = *Delivery Horse Power*(HP)

$\eta_s \eta_b$  = *shaft transmission efficiency*. Pengurangan 2% ~ 3% untuk kamar mesin di kapal bagian belakang

$\eta_s \eta_b$  = 0,98 (untuk kamar mesin di bagian belakang = 100%-2%)

**C. DHP (Delivery Horse Power)**

DHP (*Delivery Horse Power*) adalah daya yang diedarkan oleh poros ke *propeller*. Jumlah dari daya yang diedarkan ke *propeller* akan lebih kecil dari *shaft horse power* dikarenakan adanya kehilangan daya saat transmisi di poros. Kehilangan yang terjadi relative kecil 2-3 %. [3]

$$DHP = \frac{EHP}{PC} \quad (4)$$

Dimana :

EHP = *Effective Horse Power*(HP)

PC = Coefisien Propulsif (%)

#### D. THP (*Thrust Horse Power*)

THP (*Thrust Horse Power*) adalah daya yang dihasilkan dikarenakan daya dorong *propeller*. THP lebih kecil daripada DHP karena adanya kehilangan daya yang terjadi saat mengubah gaya rotasi *propeller* ke dalam gaya dorong menggerakkan kapal. [3]

$$THP = EHP \times \eta_H \quad (5)$$

Dimana :

EHP = *Effective Horse Power*(HP)

$\eta_H$  = *hull efficiency* (%)

#### E. EHP (*Effective Horse Power*)

EHP (*Effective Horse Power*) adalah besarnya tenaga yang digunakan untuk menggerakkan kapal. [3]

$$EHP = RT \times V_s \quad (6)$$

Dimana :

$V_s$  = Kecepatan kapal (m/s)

RT = Tahanan total kapal (kN)

#### F. Efisiensi Sistem Penggerak kapal.

Dalam menghitung interaksi antara badan kapal dengan propeller ini dipakai untuk menentukan gaya dorong (thrust) yang diperlukan oleh sebuah kapal berdasarkan karakteristik dari propeller yang terpasang di buritan kapal. [3]

- Perhitungan efisiensi lambung ( $\eta_H$ )

Efisiensi lambung merupakan perbandingan antara daya efektif ( $P_e$ ) dan daya dorong ( $P_T$ ). Efisiensi lambung ini merupakan suatu bentuk ukuran kesesuaian rancangan lambung terhadap *propulsor* arrangement nya, sehingga efisiensi ini bukanlah bentuk *power conversion* yang sebenarnya. Efisiensi lambung dapat dirumuskan :

$$\eta_H = (1-t) / (1-w) \quad (7)$$

Dimana :

$t$  = *thrust deduction coefficient*

$w$  = *wake friction*

- Perhitungan *thrust deduction factor* ( $t$ )

Rotasi dari propeller menyebabkan air didepan propeller untuk dihisap ke arah *propeller*. Hal ini menyebabkan tahanan tambahan di atas lambung dan biasanya disebut *augment of resistance*. [1]

$$t = 0,5 \times C_p - 0,12 \quad (\text{Single Screw}) \quad (8)$$

$$t = 0,5 \times C_p - 0,19 \quad (\text{Twin Screw}) \quad (9)$$

Dimana :

$C_p$  = Koefisien Prismatic

- Perhitungan *Wake Fraction*

*Wake* adalah arus ikut yang terjadi pada bagian buritan kapal sekitar propeller. *Wake fraction* (*twin screw*) dapat dicari menggunakan persamaan berikut : [1]

$$\begin{aligned} & (\text{Single Screw with normal stern}) \\ W &= 0,7 \times C_p \quad (10) \\ & (\text{Single Screw with stern-bulb}) \end{aligned}$$

$$W = 0,5 \times C_p \quad (11)$$

(Twins Screw)

$$W = 0,7 \times C_p - 0,3 + 0,3 \times (0,4 - a/b) \quad (12)$$

Dimana :

$C_p$  = Koefisien *Prismatik*

$a$  = Jarak Antara 2 Poros (m)

$b$  = Lebar Kapal (m)

- Perhitungan *Speed of Advance*

*Speed Of Advance* adalah kecepatan aliran yang terdapat pada *propeller*. Kecepatan aliran air yang melalui *propeller* lebih rendah daripada kecepatan aliran air yang melalui kapal. [3]

$$V_a = (1 - w) \times V_s \quad (13)$$

Dimana :

$W$  : *Wake Friction*

$V_s$  : Kecepatan kapal (m/s)

- Perhitungan efisiensi baling baling ( $\eta_{prop}$ )

Efisiensi baling baling merupakan perbandingan antara daya dorong ( $P_T$ ) dengan daya yang disalurkan ( $P_D$ ). Efisiensi ini merupakan *power conversion* dan perbedaan nilai yang terjadi adalah terletak pada dimana pengukuran torsi *propeller* dilakukan, yakni apakah pada kondisi *open water* ( $Q_o$ ) atau pada kondisi *behind the ship* ( $Q_D$ ) seperti ditunjukkan persamaan dibawah : [3]

❖ Efisiensi *propeller (open water test)*

$$\eta_o = T \times V_a / 2 \times \pi \times Q_o \times n \quad (14)$$

❖ Efisiensi *propeller (behind the ship)*

$$\eta_b = T \times V_a / 2 \times \pi \times Q_d \times n \quad (15)$$

$T$  = gaya dorong kapal

$V_a$  = *speed of advance*

$Q_o$  = torsi kondisi *open water*

$N$  = putaran *propeller*

$Q_d$  = torsi kondisi *behind the ship*

- Perhitungan transmisi poros ( $\eta_s$ )

Secara umum sangat tergantung dari bentuk stern *arrangement* nya.

Efisiensi ini dirumuskan : [3]

$$\eta_s = P_d / P_s \quad (16)$$

Dimana :

$P_d$  = *Delivery horse power*

$P_s$  = *Shaft horse power*

- Perhitunagn keseluruhan efisiensi pada sistem penggerak kapal (*propulsive coefficient*  $P_c$ )

*Propulsive coefficient* merupakan hasil dari keseluruhan efisiensi di masing masing phrase daya yang terjadi pada sistem propulsi kapal. Efisiensi keseluruhan dapat diperoleh dengan persamaan berikut : [3]

$$P_c = \eta_b \times \eta_h \times \eta_s \quad (17)$$

Dimana :

$\eta_h$  = efisiensi lambung

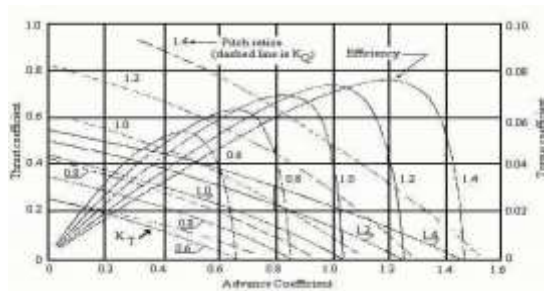
$\eta_b$  = efisiensi *propeller* (*behind the ship*)  
 $\eta_s$  = efisiensi poros

## 2.3 Propeller

*Propeller* atau baling baling kapal merupakan suatu alat mekanik untuk menghasilkan gaya dorong kapal, gaya dorong atau putaran pada baling- baling kapal atau *propeller* kapal di hasilkan ditransmisikan dari *poros propeller* yang berasal dari *main engine* yang ada dikamar mesin kapal. disamping itu masih ada jenis penggerak lainnya seperti *waterjet*, *paddle wheel*, *vertical axis propeller* dan lain sebagainya. Pemilihan jumlah *propeller* yang akan bekerja pada kapal tergantung pada faktor – faktor dan batasan operasional. Faktor – faktor tersebut antara lain yaitu jumlah daya yang ditransmisikan, sarat kapal, batasan diameter, jumlah daun *propeller*, luasan daun propeller, putaran propeller, rongga propeller, *rasio pitch* diameter dan kavitasi, selain itu faktor yang juga dapat menjadi acuan adalah investasi awal, biaya operasional, *efisiensi propulsi* dan lain lain (Van Lammeren, *Resistance, Propulsion, and Steering of Ship* 1948). [9]

Pada dasarnya besarnya gaya dorong (T) yang dihasilkan oleh masing – masing *propeller* akan sama dengan daya dorong total yang diperlukan untuk menggerakkan kapal dan daya efektif ( $P_e$ ) dari *propeller* akan sama dengan daya efektif yang diperlukan untuk menggerakkan kapal pada kecepatan *serviceny* ( $V_s$ ).

Karakteristik *propeller* dapat disajikan secara grafik dengan menggunakan beberapa koefisien dalam bentuk non dimensional. Koefisien – koefisien non dimensial *propeller* tersebut adalah *thrust coefficient* ( $K_T$ ) , *torque coefficient* ( $K_Q$ ) dan *advance coefficient* (J).



Gambar 2.3 Diagram  $K_t$ - $K_q$ -J *Open Water Test*  
(sumber : <http://priyanta.blogspot.co.id/2006/02/>)

$$K_T = \frac{T}{\rho \cdot n^2 \cdot D^4} \quad (18)$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho \cdot n^2 \cdot D^5} \quad (19)$$

$$J = \frac{V_a}{N \cdot D} \quad (20)$$

Dimana :

$K_T$  = Koefisien Gaya Dorong (*Thrust*) Baling-baling

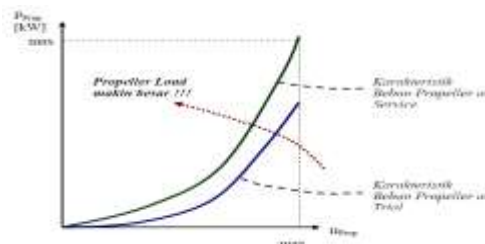
$K_Q$  = Koefisien Torsi Baling-baling

$N$  = Putaran Baling-baling (Rpm)  
 $D$  = Diameter Baling-baling (m)  
 $T_{prop}$  = Gaya Dorong Baling-baling  
 $Q_{prop}$  = Torsi Baling-baling (Nm)  
 $\rho$  = Massa Jenis Fluida ( $\text{ton/m}^3$ )

Tahanan kapal yang telah dikonversi kedalam bentuk fungsi kuadrat anatar  $K_T$  dan  $J$ , akan diplotkan kedalam open water diagram untuk mendapatkan *operating point* dari *propeller*. Titik perpotongan merupakan titik operasi  $K_T$  dari *propeller*, apabila ditarik garis vertikal keatas akan didapatkan titik operasi  $K_Q$  dan  $\eta$  dari *propeller* dan apabila ditarik garis vertikal kebawah akan didapat titik operasi  $J$  dari *propeller*.

## 2.4 Engine Propeller Matching

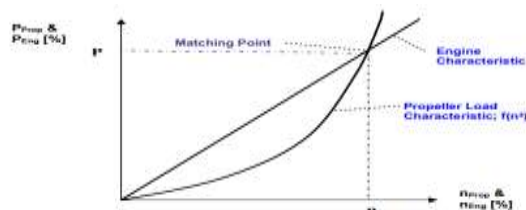
Pada umumnya kapal digerakkan dengan sebuah *propeller* kadangkala dengan 2 buah atau lebih. Untuk memahami mesin *marine propulsion* kita juga harus memahami *propellernya*, begitu pula sebaliknya. Kedua hal ini berkaitan satu dengan yang lainnya.[8] Kedua hal tersebut ditentukan dengan interaksi antara karakteristik *propeller* dengan karakteristik *engine*. *Engine* dan *propeller* harus dicocokkan dengan benar pada proses desain sehingga *performance* yang optimal akan tercapai dari kombinasi keduanya.



Gambar 2.4 Karakteristik Beban Propeller

(Sumber : Engine Propeller Matching, S.W. Adji, hal IV,13)

*Matching point* merupakan suatu titik operasi dari putaran motor penggerak kapal (*engine speed*) yang sedemikian hingga tepat (*match*) dengan karakter beban baling-baling, yaitu titik operasi putaran motor dimana *power* yang di-*absorb* oleh *propeller* sama dengan *power produced* oleh *engine* dan menghasilkan kecepatan kapal yang mendekati (sama persis) dengan kecepatan servis kapal yang direncanakan. (Engine Propeller Matching, S.W. Adji, hal IV,17) [1]



Gambar 12 = Matching Point Engine & Propeller

Gambar 2.5 Matching Point Engine & Propeller

(Sumber : Engine Propeller Matching, S.W. Adji, hal IV,17)



Pada *engine speed* adalah merupakan titik operasi putaran motor penggerak yang sesuai dengan kondisi beban *propeller*. Sebab, daya yang dihasilkan oleh motor penggerak adalah sama dengan daya yang *diabsorb* oleh *propeller*. Hal ini tentunya akan memberikan konsekuensi yang optimal terhadap pemakaian konsumsi bahan bakar dari motor penggerak kapal terhadap kecepatan *service* kapal yang diinginkan. Seperti diketahui bersama bahwa di kapal yang dapat dilihat adalah indikator *engine speed* (*rpm*, atau *rps*) dan kecepatan kapal (*knots*, atau *Nmile/hour*). Sehingga penetapan putaran operasi dari motor penggerak, merupakan kunci kesuksesan dalam operasional sistem propulsi kapal secara keseluruhan. [1]

#### 2.4.1 Karakteristik Lambung dan Baling – Baling (*Hull and Propeller Characteristics*)

- Tahanan Kapal dan Kecepatan Servis

Analisa *engine propeller matching* didahului dengan analisa karakteristik tahanan kapal. tahanan kapal merupakan gaya hambat dari media fluida yang dilalui oleh kapal saat beroperasi dengan kecepatan tertentu. Tahanan total kapal dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut : [1]

$$R_t = C_t (1/2 \times \rho \times V_s^2 \times S) \quad (21)$$

Dan jika variabel-variabel tersebut adalah *constant* (*a*), maka Persamaan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$R_t = a \times V_s^2 \quad (22)$$

- Gaya Dorong Kapal ( $T_{ship}$ )

Gaya Dorong (*Thrust*) kapal merupakan komponen yang sangat penting, yang mana digunakan untuk mengatasi Tahanan (*Resistance*) atau Gaya Hambat kapal. Pada kondisi yang sangat-sangat ideal, besarnya gaya dorong yang dibutuhkan mungkin sama besar dengan gaya hambat yang terjadi dikapal. Sehingga gaya dorong yang dibutuhkan kapal adalah sebagai berikut : [1]

$$T_s = R_t / (1-t) \quad (23)$$

Atau

$$T_s = a \times V_s^2 / (1-t) \quad (24)$$

Kecepatan aliran fluida dibagian buritan kapal ( $V_a$ ) tidak sama dengan kecepatan kapal, karena adanya fraksi arus ikut ( $w$ ) yang besarnya sebagai berikut : [1]

$$V_a = V_s (1-w) \quad (25)$$

Sehingga persamaan gaya dorong kapal menjadi

$$T_{ship} = a \times V_a^2 / (1-t) \times (1-w)^2 \quad (26)$$

- Karakteristik Baling-baling Kapal

Secara umum karakteristik dari baling-baling kapal pada kondisi *open water test* adalah seperti yang direpresentasikan pada Diagram KT – KQ – J. Setiap tipe dari masing-masing baling-baling kapal, memiliki karakteristik *kurva* kinerja yang berbeda-beda. Sehingga kajian terhadap karakteristik baling-baling kapal tidak dapat di-*generalised* untuk keseluruhan bentuk atau

tipe dari baling-baling. Model persamaan untuk karakteristik kinerja baling-baling kapal adalah sebagaiberikut : [1]

$$K_T = \frac{T}{\rho \cdot n^2 \cdot D^4} \quad (27)$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho \cdot n^2 \cdot D^5} \quad (28)$$

$$J = \frac{Va}{N \cdot D} \quad (29)$$

- Interaksi Lambung Kapal dan Baling-baling

Interaksi lambung kapal dan baling-baling (*Hull & Propeller Interaction*) merupakan upaya-upaya pendekatan diatas kertas untuk mendapatkan karakteristik kinerja balingbaling saat beroperasi untuk kondisi *behind the ship*. [1]

$$T_{prop} = K_T \times \rho \times n^2 \times D^4 \quad (30)$$

Agar kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan, maka

$$T_{ship} = T_{prop} \quad (31)$$

$$a \times Va^2 / (1-t) \times (1-w)^2 = K_T \times \rho \times n^2 \times D^4 \quad (32)$$

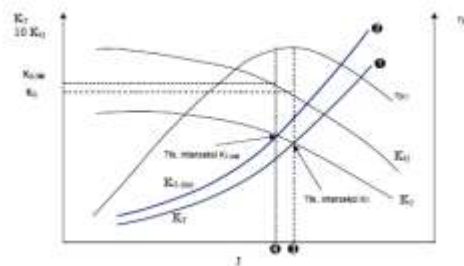
Karena karakteristik propeller dinotasikan sebagai sebuah konstanta tak berdimensi, yaitu  $K_t - K_q -$  dan  $\eta$ , masing masing adalah koefisien thrust, koefisien torsi dan efisiensi propeller. Maka kebutuhan gaya dorong kapal dapat berbentuk konstanta tak berdimensi pula, yaitu : [1]

$$K_{tship} = a \times Va^2 / (1-t) \times (1-w)^2 \times \rho \times n^2 \times D^4 \quad (33)$$

Karakteristik propeller merupakan fungsi dari koefisien ( $J = Va/nxD$ ) dan bila  $\beta = a / (1-t) \times (1-w)^2 \times \rho \times D^2$ , maka bentuk sederhana dari  $K_{tship}$  adalah [1]

$$K_{tship} = \beta \times J^2 \quad (34)$$

Persamaan ini kemudian diplot pada diagram  $K_t - K_q - J$  sehingga diperoleh grafik sebagaimana terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.6 Matching Point Engine & Propeller

(Sumber : Engine Propeller Matching, S.W. Adji, hal IV,11)

Perpotongan harga  $K_{tship}$  dan  $K_{tprop}$  terjadi pada harga  $J$ . Kemudian ditarik garis vertikal pada harga  $j$  tersebut, sehingga diperoleh perpotongan garis vertical dengan  $10K_q$  dan efisiensi *propeller*. Harga yang diperoleh dari perpotongan ini merupakan harga koefisien yang akan dijadikan sebagai dasar perhitungan. [1]

- Karakteristik Beban Baling – baling (*Propeller Load Characteristics*)

Kebutuhan gaya dorong oleh *propeller* dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$Q_{\text{prop}} = K_q \times \rho \times n^2 \times D^5 \quad (35)$$

Dalam hal ini, gaya dorong merupakan keluaran *propeller* sedangkan gaya torsi adalah masukan *propeller*, sehingga efisiensi *propeller* adalah

$$\eta = J \times K_t / 2\pi \times K_q \quad (36)$$

Gaya torsi yang dibutuhkan oleh *propeller* diperoleh dari motor penggerak utama kapal, dimana karakteristik *performance* sebuah motor diesel merupakan fungsi dari putaran. Oleh karena itu , kebutuhan daya untuk menggerakkan *propeller* adalah :

$$\text{Power} = \text{Torque} \times \text{speed} \quad (37)$$

$$P_{\text{prop}} = Q_{\text{prop}} \times n \quad (38)$$

$$= K_q \times \rho \times n^3 \times D^5$$

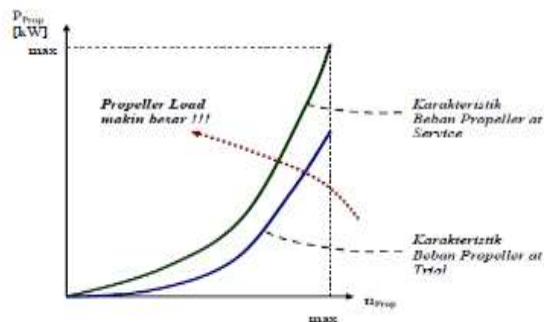
Tahap berikutnya adalah mentabulasikan persamaan daya *propeller* sebagai fungsi dari putaran *propeller* yang diperoleh dari putaran motor diesel setelah diturunkan oleh *mechanical gears*.

Tabel - Perhitungan  $P_{\text{prop}} = f(n^3)$

| $n^3$ | $(n^3)^3$ | $P_{\text{prop}}$ | $P^*_{\text{prop}}$ |
|-------|-----------|-------------------|---------------------|
| Min   |           |                   |                     |
|       |           |                   |                     |
|       |           |                   |                     |
|       |           |                   |                     |
| Max   |           |                   |                     |

Gambar 2.7 Contoh Tabel Perhitungan  $P_{\text{prop}}$

(Sumber : *Engine Propeller Matching*, S.W. Adji, hal IV,13)



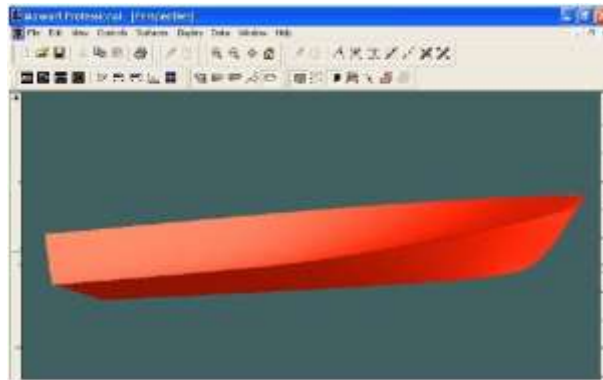
Gambar 2.8 Karakteristik Beban *Propeller*

(Sumber : *Engine Propeller Matching*, S.W. Adji, hal IV,13)

## 2.5 Maxsurf

*Maxsurf* adalah suatu program *system modeling* permukaan dimensional (*surface*) yang mendesain bentuk lambung kapal (*hull*). *Maxsurf* mempertimbangkan percobaan sistematis dan optimasi cepat tentang segala desain

baru. Dengan *software* ini juga dapat mendesain berbagai macam bentuk lambung kapal dengan membaginya kedalam beberapa bagian *surface* berdasarkan ketebalan dari kulit lambung kapal tersebut atau langsung membentuk satu bagian utuh lambung kapal dengan satu *surface*. *Maxsurf* memiliki keuntungan lebih yaitu mengetahui luasan tiap – tiap bagian lambung, misalnya luasan pada bagian bottom, luasan pada bagian sisi lambung, luasan pada bagian rail, luasan pada bagian *transom* dan *deck*. Output dari mendesain dengan menggunakan *software maxsurf* ini adalah gambar rencana garis, baik itu dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi, luas permukaan tiap – tiap bagian lambung dan total keseluruhan lambung, *displacement* serta kurva CSA.



Gambar 2.9 Pemodelan Lambung Kapal dari Software Maxsurf  
(Sumber : <https://pmahatrisna.wordpress.com>)

*Hullspeed* merupakan bagian dari *software maxsurf* yang bertujuan untuk memprediksi tahanan dari bentuk lambung kapal apabila efisiensi dari lambung (*hull*) diketahui atau diestimasi maka power yang dibutuhkan dari suatu desain akan dapat diprediski juga, dengan *software* ini dapat menggunakan beberapa pilihan metode, diantaranya :

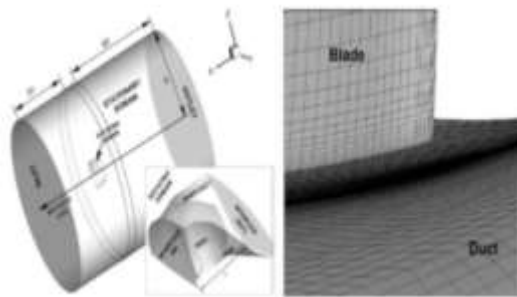
1. *Savitsky (pre-planning)* : perhitungan ini digunakan untuk estimasi tahanan dari perencanaan lambung sebelum kapal dibangun atau dapat dikatakan sebagai *pre-planning resistance*.
2. *Savitsky (planning)* : perhitungan ini digunakan untuk estimasi tahanan dari perencanaan badan kapal ketika kecepatan kapal sudah disesuaikan.
3. *Lahti harju* : digunakan untuk estimasi tahanan dari perencanaan lambung kapal ketika kecepatan yang telah direncanakan telah disesuaikan.
4. *Holtrop* : perhitungan ini didesain untuk memprediksi tahanan dari kapal tanker, *general cargo*, kapal ikan, tug boat, kapal container dan kapal – kapal cepat.
5. *Series 60* : digunakan untuk estimasi tahanan dari kapal *cargo* berbaling – baling tunggal.
6. *Van Oortmerssen* : digunakan untuk estimasi tahanan kapal kecil seperti *trawl* dan tug boat.
7. *Delfi series* : prediksi tahanan kapal ikan

## 2.6 CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

CFD (*Computational Fluid Dynamics*) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas *Computational Fluid Dynamics* terdiri dari tiga elemen utama yaitu : [10]

- *Preprocessor*

*PreProcessor* merupakan tahapan awal dalam *Computational Fluid Dynamic* (CFD) yang merupakan tahapan input data yang meliputi penentuan *domain* dan *boundary condition*. Pada tahapan ini juga dilakukan meshing, dimana benda yang dianalisa dibagi dalam jumlah grid tertentu.



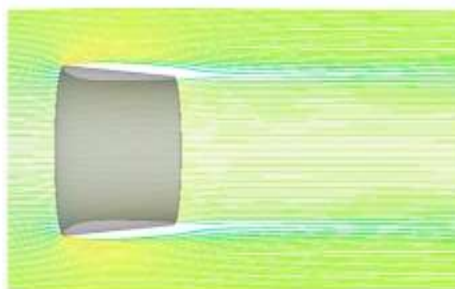
Gambar 2.10 Penentuan Boundary Condition dan Meshing[11]

- *Processor*

Tahap selanjutnya adalah tahap processor, dimana pada tahap ini dilakukan proses perhitungan data yang telah dimasukkan menggunakan persamaan terkait secara iterative hingga hasil yang didapatkan bisa mencapai nilai *error* terkecil.

- *Post processor*

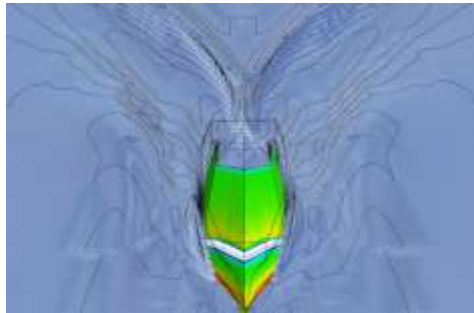
Tahap terakhir adalah tahap post processor, hasil dari perhitungan pada tahap processor akan ditampilkan dalam gambar, grafik maupun animasi.



Gambar 2.11 Analisa Aliran pada CFD[4]

## 2.7 NUMECA CFD

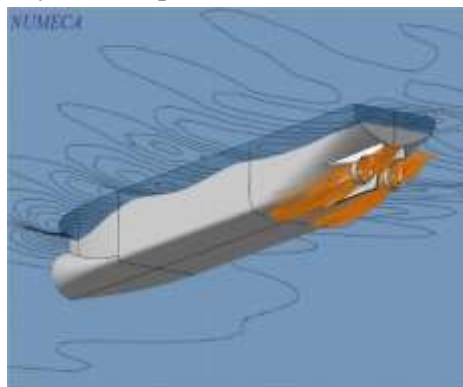
NUMECA merupakan merk dagang dari perusahaan internasional penyedia perangkat lunak pengolah CFD NUMECA International. NUMECA mempunyai produk untuk pengolah desain dan meshing serta solver untuk perangkat lunak pengolah CFD. Beberapa perangkat lunak tersebut akan digunakan pada skripsi ini. Peneliti menggunakan NUMECA Versi 5.1 dengan lisensi student. Lisensi ini khusus untuk para peneliti dan civitas akademis. Data yang dihasilkan dari NUMECA student version tidak dapat digunakan untuk tujuan komersil namun hanya untuk tujuan penelitian dan pengembangan. NUMECA yang berlisensi ini aka ada tanda khusus dalam GUI begitu pula pada hasil simulasi akan ada tanda yang menampilkan bahwa hasil tersebut menggunakan NUMECA . [7]



Gambar 2.12 Simulasi Tahanan Kapal dari Software NUMECA CFD

(Sumber : <http://www.aavessels.com/research-program/>)

Program NUMECA CFD yang digunakan disini adalah sebagai alat bantu pemodelan atas konfigurasi lambung kapal dan propeller yang akan dianalisa. Selanjutnya dilakukan modifikasi antara bentuk lambung kapal dengan propeller. Dari pemodelan ini nantinya akan diperoleh data hambatan total kapal. [7]



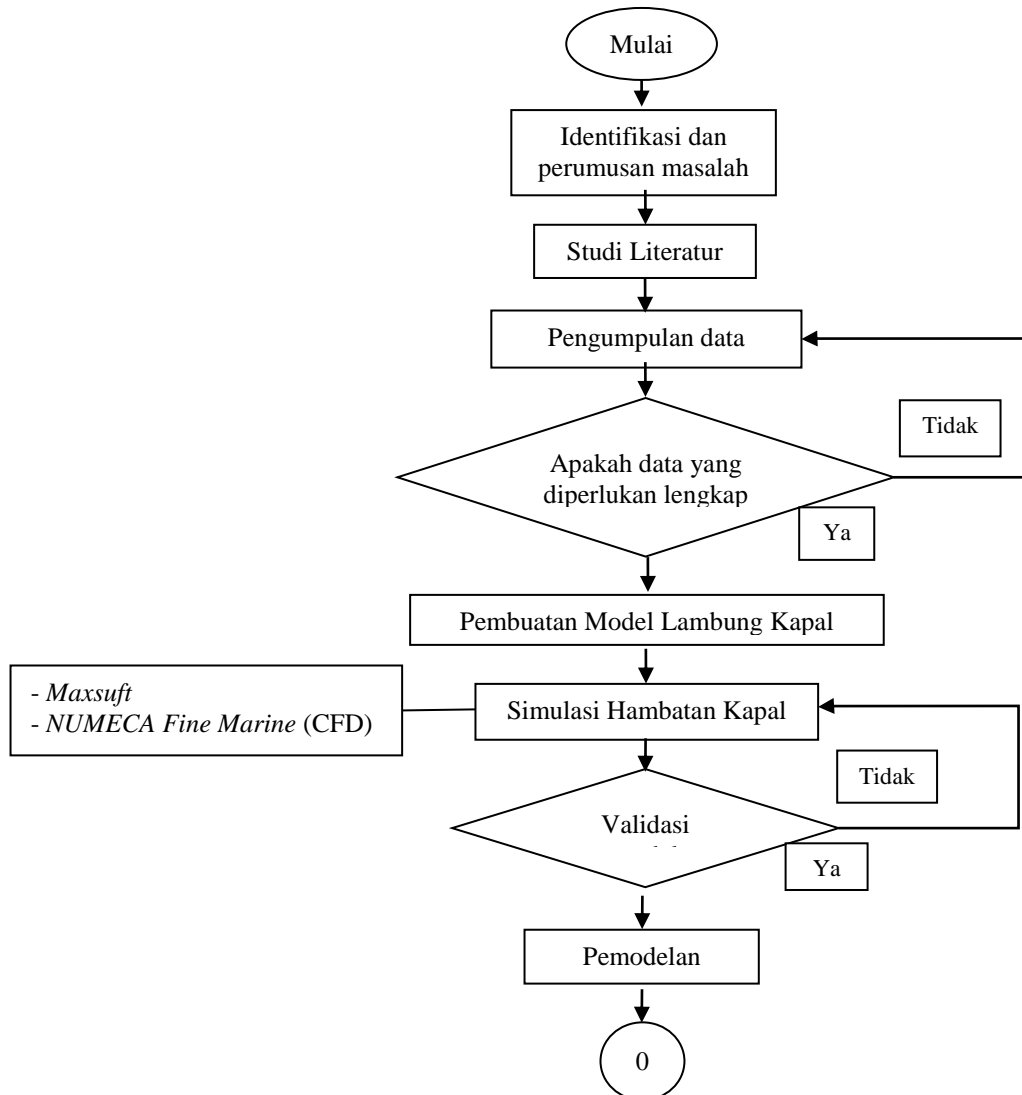
Gambar 2.13 Simulasi Tahanan Kapal dari Software NUMECA CFD

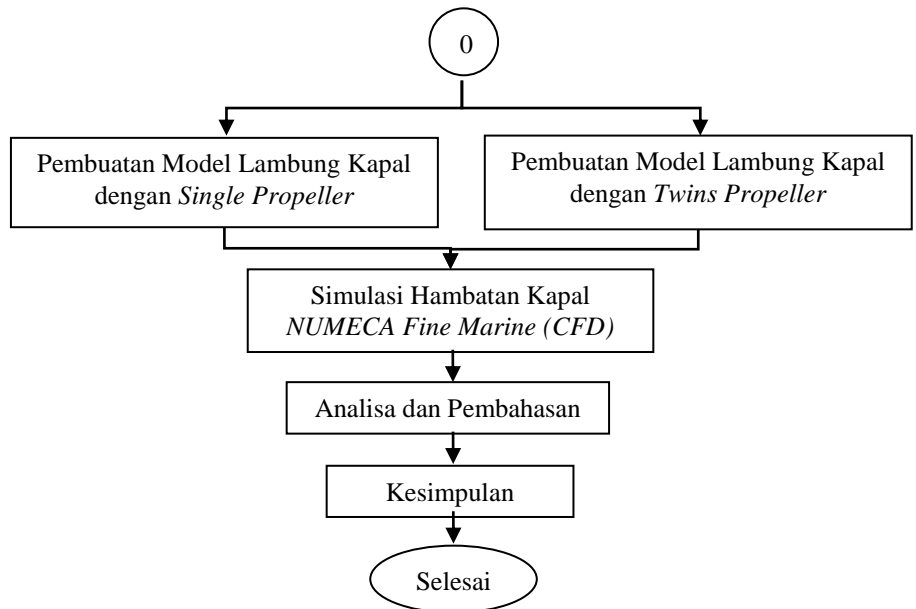
(Sumber : <http://www.aavessels.com/research-program/>)

### BAB III METEDOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Alur Penelitian

Dalam perencanaan tugas akhir ini, metedologi yang akan dilakukan telah direncanakan dalam *flow chart* yang telah disusun oleh penulis sebagai berikut





Gambar 3.1 Flow Chart Diagram

### 3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahap awal dalam penyusunan skripsi adalah mengidentifikasi masalah. Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan perumusan masalah tentang hambatan kapal akibat perbedaan operasional sistem *propulsi* pada kapal. Dari hasil identifikasi masalah dapat ditentukan langkah – langkah yang harus dilakukan dalam pengerjaan skripsi beserta metode yang diterapkan dalam menyelesaikan masalah yang ada. Pada proses ini akan dilakukan identifikasi rumusan masalah tentang analisa nilai tahanan tambahan yang dihasilkan oleh kapal akibat adanya tahanan tambahan berupa propeller. Analisa yang dilakukan adalah dengan mendapatkan dimensi, dan spesifikasi kapal yang akan disimulasikan kemudian mendesain kapal tersebut dalam bentuk 3 dimensi.

### 3.3 Studi Literatur

Studi literatur merupakan penelusuran literatur (*referensi*) yang bersumber dari internet, buku ajar , jurnal serta karya tulis yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Studi literatur bertujuan untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi dan juga menjadi dasar untuk melakukan pengerjaan tugas akhir ini. Dengan melakukan studi literatur ini diharapkan solusi dari permasalahan yang di ambil dapat terpecahkan dengan baik.

### 3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan berupa mencari referensi mengenai pemecahan masalah yang terkait dengan tugas akhir ini. Data yang didapat untuk menunjang pengerjaan skripsi ini didapat baik dari internet maupun pengambilan



data secara langsung. Data – data yang diperlukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini meliputi :

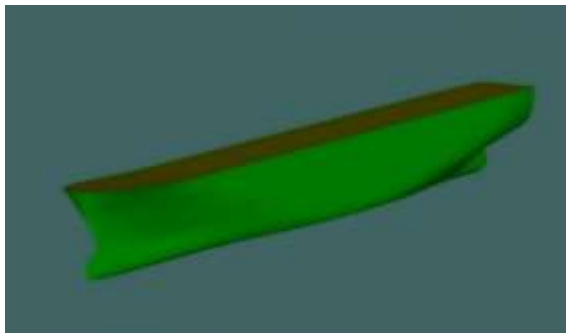
- Data *lines plan* kapal
- Ukuran pokok kapal
- Data *engine*
- Data *propeller*
- Serta data – data yang dapat digunakan untuk membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.

### 3.5 Pemodelan

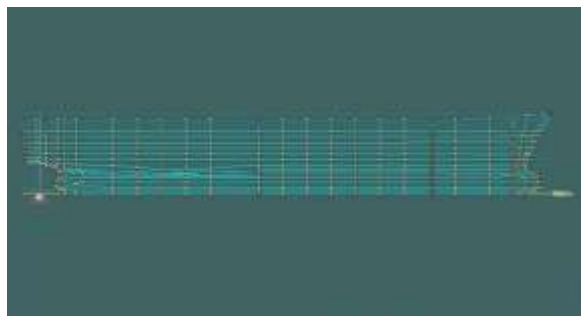
Pada tahap pemodelan dilakukan penggambaran model kapal dengan menggunakan Software CAD. Dalam pengerjaan tugas akhir ini, terdapat tiga jenis penggambaran model lambung kapal, yaitu lambung kapal tanpa *propeller*, lambung kapal dengan *single propeller* dan lambung kapal dengan *twins propeller*. Untuk penggambaran model *propeller* yang digunakan untuk simulasi ini adalah *propeller* tipe B4-85 untuk lambung kapal dengan *single propeller* dan *propeller* tipe B5-90 untuk lambung kapal dengan *twins propeller*.

#### 3.5.1 Pemodelan Lambung Kapal

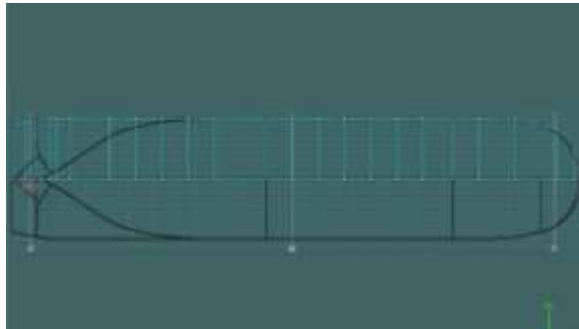
Pada tahap pemodelan kapal dilakukan berdasarkan data *linesplan* kapal yang sudah ada. Pada tahap ini dilakukan proses pembuatan bentuk tiga dimensi dari model kapal menggunakan software *Maxsurf Modeller*.



Gambar 3.2 Pemodelan *Hull* Pandangan Prespective



Gambar 3.3 Pemodelan *Hull* Pandangan Samping



Gambar 3.4 Pemodelan *Hull* Pandangan Atas

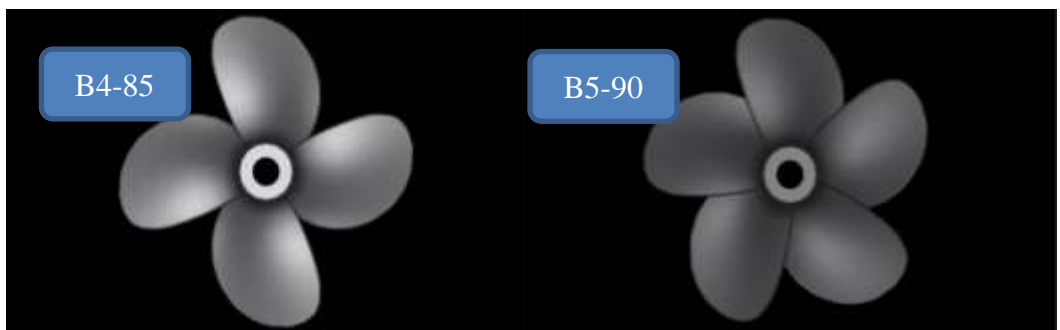
### 3.5.2 Pemodelan *Propeller*

Pada tahap pembuatan model *propeller* menggunakan software CAD. Pemodelan *propeller* akan digunakan sebagai analisa terhadap tahanan tambahan pada kapal. Terdapat 2 tipe *propeller* yang akan dilakukan pemodelan, yaitu *propeller* tipe B4-85 dan B5-90. Pemodelan *propeller* dilakukan berdasarkan data spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya.

Tabel 3.1 Data Spesifikasi *Propeller*

| No | Parameter                 | <i>Propeller Existing (middle)</i> | <i>Propeller Baru (twin)</i> |
|----|---------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 1  | <i>Type Propeller</i>     | B4-85                              | B5-90                        |
| 2  | Jumlah                    | 1                                  | 2                            |
| 3  | Jumlah Daun               | 2                                  | 5                            |
| 4  | Ae/Ao                     | 0.45                               | 0,9                          |
| 5  | Diameter <i>Propeller</i> | 3262 mm                            | 1700 mm                      |
| 6  | P/d                       | 0,84                               | 0,8257                       |
| 7  | Putaran <i>Propeller</i>  | 210 RPM                            | 359,98                       |

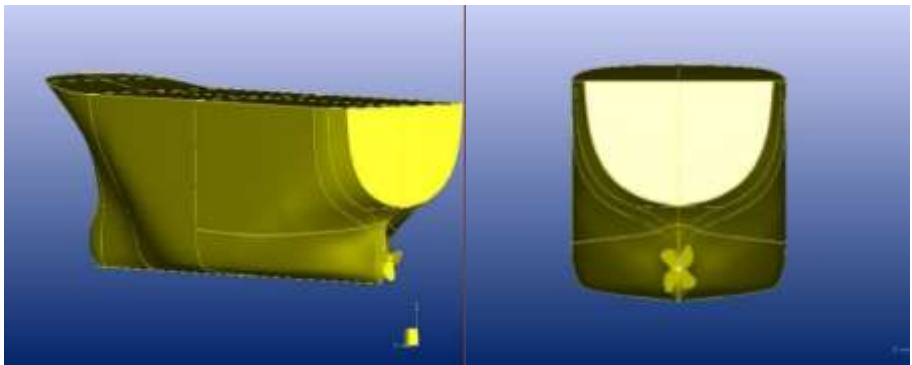
Dari data tersebut akan dilakukan pemodelan berupa *propeller* sebagai tahanan tambahan.



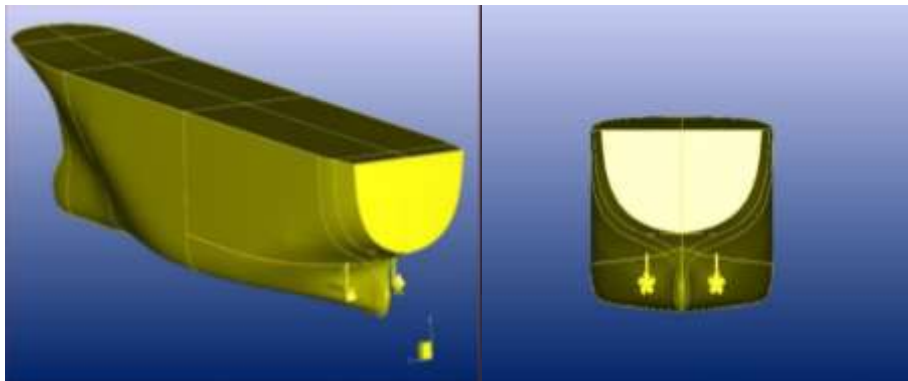
Gambar 3.5 Geometri *Propeller*

### 3.5.3 Pemodelan Lambung Kapal dengan Adanya Tambahan Propeller

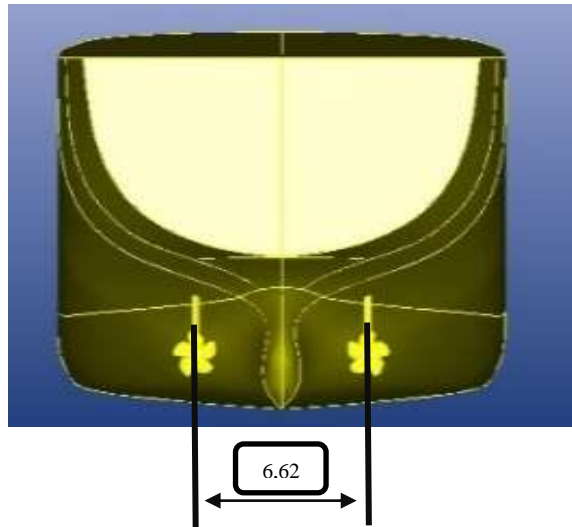
Pada tahap pemodelan ini, terdapat dua jenis model kapal yang akan dilakukan pemodelan, antara lain lambung kapal dengan *single propeller* dan lambung kapal dengan *twin propeller*. Pada tahap pemodelan ini akan dilakukan berdasarkan model yang telah dibuat di awal dengan menggunakan software *Maxsurf Modeller* yang kemudian diexport ke software *solidwork* untuk pembuatan model kapal dengan adanya tambahan *propeller*. Pada penggambar model lambung kapal dengan *twin propeller*, memiliki jarak antar propeller sebesar 6,62 m, jarak ujung daun *propeller* ke lambung (*clearance*) sebesar 0,74 m.



Gambar 3.6 Model Lambung Kapal dengan *Single Propeller*



Gambar 3.7 Model Lambung Kapal dengan *Twin Propeller*



Gambar 3.8 Posisi Propeller

### 3.6 Simulasi

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian model atau simulasi. Model disimulasikan menggunakan software *NUMECA Fine Marine* (CFD). Simulasi dilakukan dengan 3 model kapal yaitu lambung kapal tanpa *propeller*, lambung kapal dengan *single propeller* diam dan lambung kapal dengan *twins propeller* diam dengan memberikan 13 variasi kecepatan pada setiap model kapal. Simulasi pada model tersebut dengan mengabaikan *rotating* dari *propeller*, sehingga *propeller* disimulasikan dalam kondisi diam/tidak bergerak, sehingga *propeller* sebagai tahanan tambahan pada kapal.

Model kapal diuji menggunakan software *NUMECA Fine Marine* (CFD). Langkah –langkah pada simulasi dengan menggunakan software *NUMECA Fine Marine* (CFD) ini dibagi menjadi beberapa tahapan. Pada simulasi ini menggunakan software *NUMECA Fine Marine* (CFD) dengan menggunakan metode *free surface* sehingga terdapat dua jenis fluida yang masuk kedalam simulasi yaitu air laut dan udara.

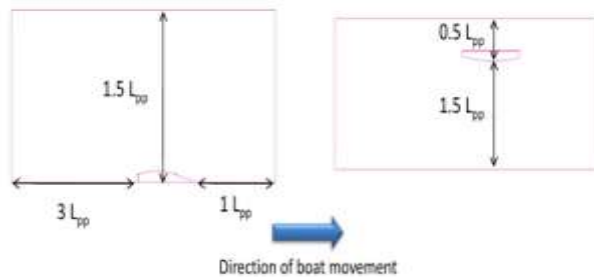
#### 3.6.1 Proses Geometri CAD

Proses simulasi pada software CFD dimulai dari pembuatan model badan kapal yang berasal dari *Maxsurf Modeller* kemudian diexport ke program CAD 3D untuk membuat model kapal menjadi solid. Model kapal yang dibuat dari beberapa *surface* dijadikan sebuah bentuk yang tertutup rapat sehingga menjadi benda pejal. Setelah menjadi *solid*, model disimpan dalam bentuk format *Parasolid (.x\_t)*.

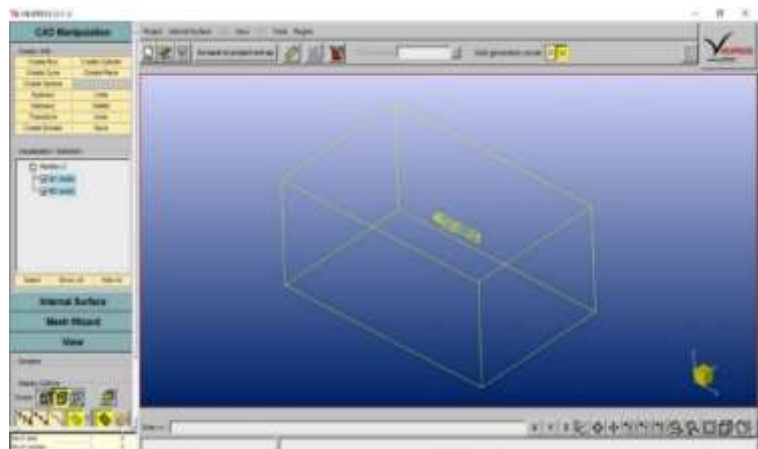
#### 3.6.2 Domain

Pemodelan dilakukan dengan membut dua bidang utama yaitu lambung kapal dan bidang balok. Lambung kapal akan menjadi bidang

yang akan dicari nilai gayanya, sedangkan bidang balok sebagai media fluida atau tempat mengalirnya fluida.

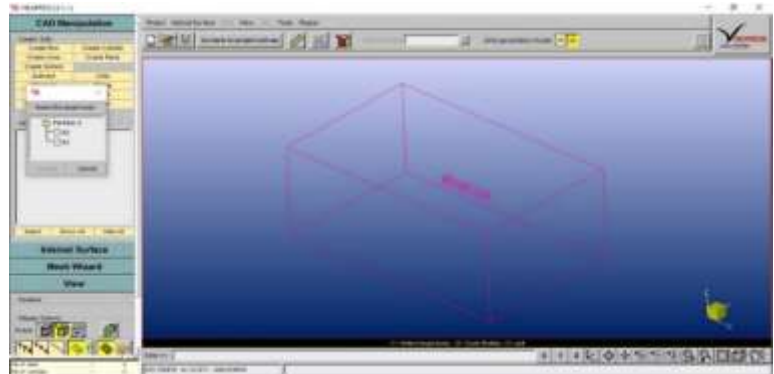


Gambar 3.9 Standart Ukuran Boundary Domain



Gambar 3.10 Pemodelan Lambung Kapal

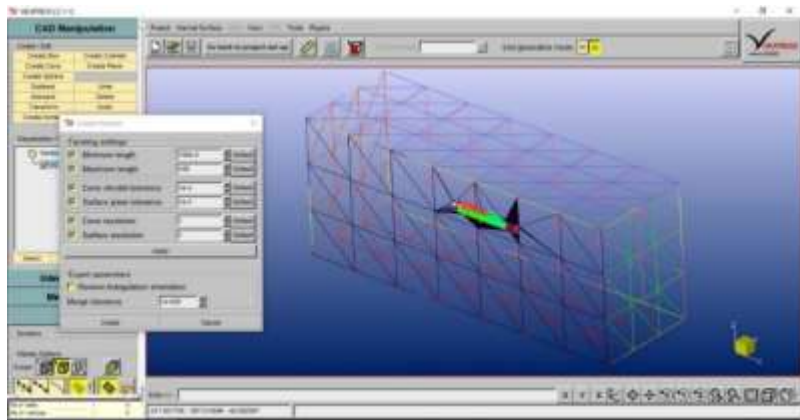
Setelah itu lambung kapal dengan bidang balok di subtract untuk menentukan bidang yang akan dialiri fluida. Sehingga bidang yang telah disubtract dapat dibuat sebuah *domain*.



Gambar 3.11 Proses Subtract

*Domain* merupakan daerah batas atau ruang lingkup dimana fluida tersebut berada dan bekerja. *Domain* yang digunakan adalah domain

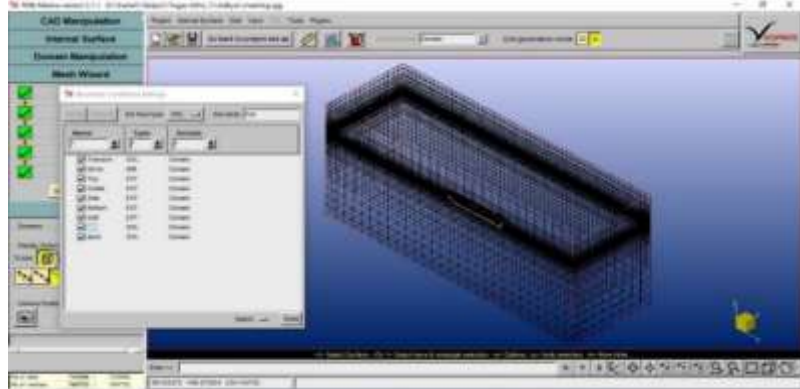
stationer dimana fluida yang bekerja adalah fluida air dan fluida udara. Pada *domain* ini area yang meliputi ke dalam *domain* yaitu model dari kapal.



Gambar 3.12 Proses Pembuatan *Domain*

### 3.6.3 *Boundary*

Setelah *domain* dibuat, selanjutnya menentukan *boundary* atau batas-batas yaitu menentukan letak *input* dan *output* fluida serta *solid* atau tidaknya *domain*. Batas atau *boundary* yang dibuat untuk mengetahui karakteristik dari model dan fluida yang bekerja, sehingga mendekati dengan kondisi sebenarnya. Pemberian batas hanya menggunakan fitur *surface*, yang digambar dengan bentuk balok yang diletakan mengelilingi model.

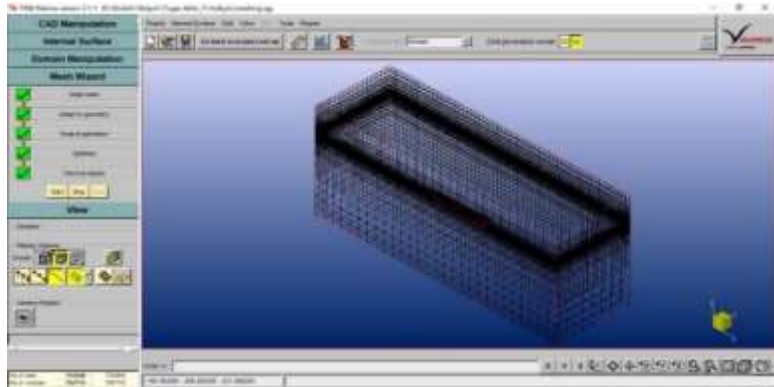


Gambar 3.13 Penentuan *Boundary*

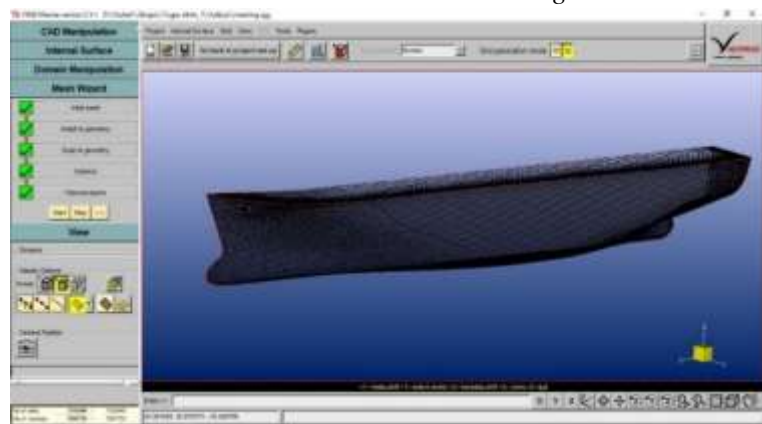
### 3.6.4 *Meshing*

Setelah proses *boundary*, maka selanjutnya dilakukan proses *meshing*. *Meshing* merupakan suatu proses pembagian geometri model menjadi elemen-elemen (*cells*) dan node-node yang lebih kecil. Pada proses pengujian model dengan software CFD, setiap elemen-elemen tersebut yang akan diberikan perhitungan oleh software CFD. Durasi

lamanya proses *meshing* bergantung pada ukuran *meshing* dan jumlah elemen yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran *meshing* dan semakin banyak jumlah elemennya, maka akan semakin lama pula durasi proses *meshing*. Dengan ukuran *mesh* serta jumlah elemen optimum tersebut, *mesh* yang dihasilkan berukuran sangat kecil dan sangat rapat antara satu dengan yang lain, sehingga memberikan hasil yang optimum serta meningkatkan ketelitian ketika dilakukan simulasi.

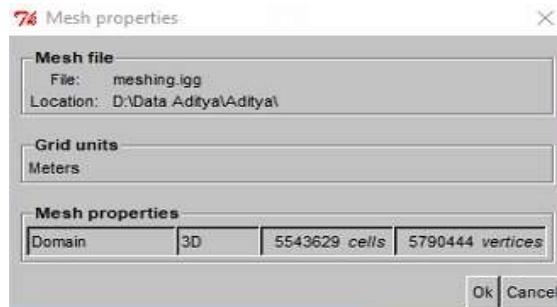


Gambar 3.14 Proses *Meshing*



Gambar 3.15 Hasil *Meshing*

Besarnya jumlah *cell* atau *grid* yang digunakan dalam perhitungan akan menentukan keakurasian hasil yang diperoleh karena jumlah *cell* mempengaruhi perubahan bentuk geometri pada saat pemrosesan hasil. Kualitas atau jumlah *mesh grid* merupakan hal mendasar untuk *convergency* dan keakurasian simulasi/komputasi CFD. Kualitas dan nilai *grid* didiskusikan secara detail oleh Thompson dkk (1999) dan Deng dkk (2010).

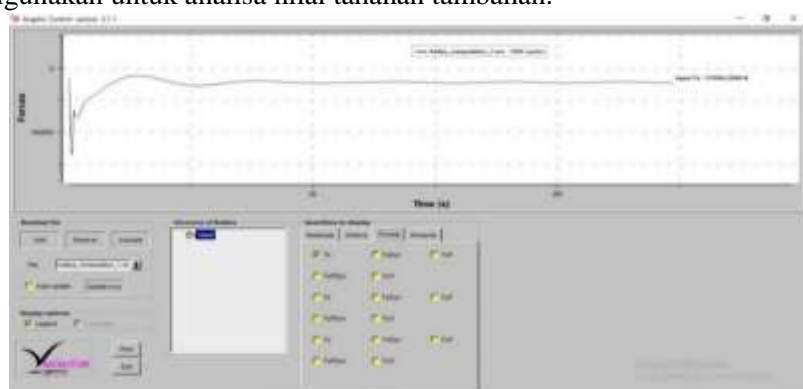


Gambar 3.16 Jumlah *Cells* dalam Proses *Meshing*

Setelah pembuatan model sampai pada tahap meshing, maka langkah selanjutnya adalah pengujian model atau running. Pengujian model dilakukan dengan memberikan beberapa parameter. Ada beberapa parameter sebelum melakukan simulasi pada software *NUMECA Fine Marine* diantaranya kondisi aliran, jenis fluida yang akan digunakan, jenis aliran, kondisi batas geometri, kondisi kapal, kondisi gerakan kapal, variable control serta hasil analisa yang mendefinisikan mengenai jumlah dari *time step* dan periode gerakan kapal yang digunakan. Proses *running* simulasi merupakan proses perhitungan data secara komputasi oleh komputer. Pengujian terhadap model ini bertujuan untuk mengetahui nilai tahanan dari kapal pengaruh adanya tahanan tambahan akibat perbedaan operasional sistem *propulsi*.

### 3.6.5 Hasil Simulasi Model

Model yang disimulasikan akan dihasilkan data berupa nilai tahanan kapal pada setiap model kapal yang telah dibuat. Terdapat 3 model dengan 13 variasi kecepatan. Data – data tersebut akan digunakan untuk analisa nilai tahanan tambahan.



Gambar 3.17 Hambatan Kapal pada Software *NUMECA Fine Marine*



### 3.6.6 Validasi

Validasi harus dilakukan terhadap hasil analisa yang telah dilakukan. Hal ini dilakukan untuk memastikan data yang dihasilkan memiliki keakuratan yang baik. Validasi terhadap elemen yang paling efektif agar data yang dihasilkan valid, sehingga dilakukan validasi terhadap elemen meshing dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 3.2 Hasil Validasi Elemen *Meshing*

| No | Model       | nb of Cells | nb of Vertices | Force (kN) |
|----|-------------|-------------|----------------|------------|
| 1  | Percobaan 1 | 5149352     | 5379343        | 238,4494   |
| 2  | Percobaan 2 | 55543629    | 5790444        | 238,472    |
| 3  | Percobaan 3 | 5937788     | 6201495        | 238,598    |
| 4  | Percobaan 4 | 6331928     | 6612509        | 238,734    |
| 5  | Percobaan 5 | 7802330     | 8133112        | 238,871    |
| 6  | Percobaan 6 | 8907945     | 9258489        | 238,997    |

Sehingga dari hasil validasi elemen *meshing* diatas, pada meshing tipe percobaan 1 dan percobaan 2 mempunyai selisih yang tidak terlalu jauh, sehingga dipilih pengaturan percobaan 2 untuk meshing.

Validasi juga dilakukan pada hasil analisa dengan membandingkan hasil analisa yang sudah dilakukan dengan hasil penelitian sebelumnya. Hasil penelitian tersebut yang akan menjadi acuan validasi. Sehingga hasil analisa harus memiliki selisih yang tidak terlalu jauh atau mendekati dengan hasil analisa pada penelitian sebelumnya.

### 3.7 Analisa dan Pembahasan

Data yang didapatkan dari hasil simulasi akan dilakukan pengolahan baik secara langsung maupun diolah kembali menggunakan analitis guna mendapatkan nilai dan variable yang diinginkan. Kemudian hasil perhitungan tersebut dilakukan analisa untuk menjawab hasil dari tujuan. Dimana pada analisa dan pembahasan ini akan didapat besarnya hambatan kapal pada ketiga model yang telah direncanakan, kemudian dari hambatan tersebut dilakukan perhitungan *engine propeller matching* untuk mendapatkan suatu titik operasi dari putaran motor penggerak kapal dengan karakter beban baling-baling.

### 3.8 Kesimpulan dan saran

Tahap ini merupakan tahapan akhir dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai keseluruhan proses yang telah dilakukan. Kesimpulan diambil berdasarkan analisa data dan perhitungan yang dikerjakan sebelumnya, kesimpulan berisi ringkasan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Umum

Analisa data di lakukan dengan cara membuat beberapa model desain kapal dengan bantuan beberapa program desain kapal. Selanjutnya dari beberapa model tersebut dilakukan analisa tahanan kapal serta analisa kebutuhan daya dari *main engine* akibat pengaruh tahanan tambahan akibat perbedaan operasional sistem propulsi.

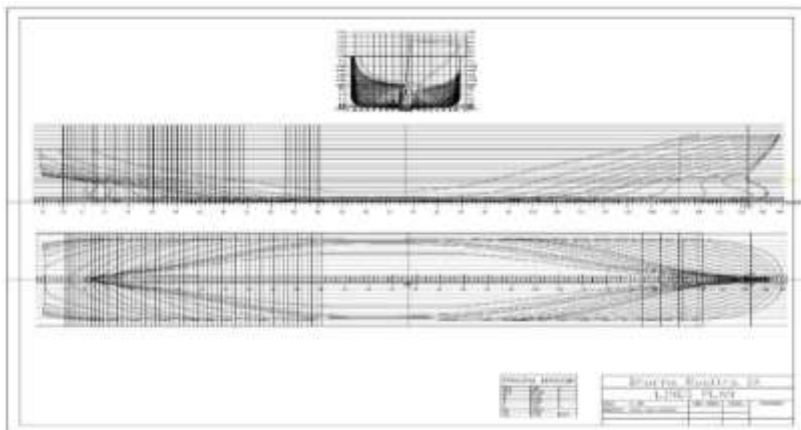
#### 4.2 Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini meliputi data *lines plan* kapal, ukuran pokok kapal, data *engine* serta data *propeller*. Berikut ini adalah data utama kapal dan sistem penggeraknya yang telah dikumpulkan oleh penulis untuk mendukung proses analisa permasalahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini :

##### 4.2.1 Ukuran Pokok Kapal

|   |              |
|---|--------------|
| • <i>Length of all</i> (LOA)                | : 117,2 m    |
| • <i>Length of water line</i>               | : 111,24 m   |
| • <i>Length between perpendicular</i> (LPP) | : 108 m      |
| • <i>Breadht</i> (B)                        | : 17,2 m     |
| • <i>Depth</i> (H)                          | : 12,01 m    |
| • <i>Draft</i> (T)                          | : 4,5 m      |
| • <i>Coefficient Block</i> (CB)             | : 0.547      |
| • <i>Coefficient Prismatic</i>              | : 0.652      |
| • <i>Speed</i> (Vs) (Existing)              | : 17,5 knots |
| • <i>Speed</i> (Vs) (New Engine)            | : 10 knot    |

##### 4.2.2 Data Lines Plan



Gambar 4.1 Gambar Lines Plan *Hull* Kapal

*Lines Plan* bertujuan untuk mengetahui bentuk kapal yang akan direncanakan terutama dibawah garis air. *Lines Plan* merupakan tahapan selanjutnya untuk proses merancang suatu kapal berdasarkan data kapal yang diperoleh.

#### 4.2.3 Data Engine

Tabel 4.1 Data Daya Mesin Induk

| No | <i>Propulsion Engine</i>         | <i>Existing</i> | <i>Modification</i>    |
|----|----------------------------------|-----------------|------------------------|
| 1  | <i>From 1 engine to 3 engine</i> | 1 x 6400 HP     | Existing + 2 x 1200 HP |

- *Data Engine Existing*
  - *Merk* : HITACHI ZOSEN – B&W
  - *Type* : 8L35MC
  - *Daya Max* : 6400 HP/4772 kW
  - *Jml Cylinder* : 8
  - *Cylinder Bore* : 350 mm
  - *Piston Stroke* : 1050 mm
  - *RPM* : 210 rpm
  - *SFOC* : 177 g/kWh
- *Data Engine baru*
  - *Merk* : YANMAR
  - *Type* : 6N21A-SV
  - *Daya Max* : 1200 HP/883 Kw
  - *Jml Cylinder* : 6
  - *Cylinder Bore* : 210 mm
  - *Piston Stroke* : 290 mm
  - *RPM* : 850 rpm
  - *SFOC* : 175,9 kg/hr

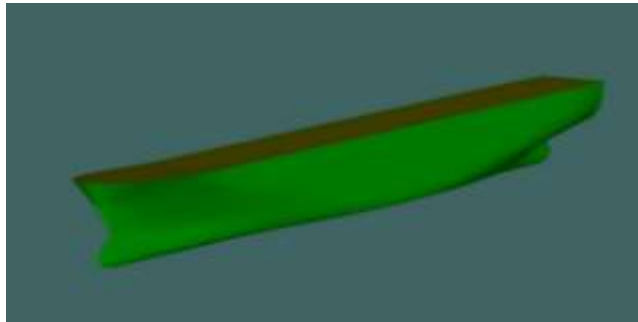
#### 4.2.4 Data Propeller

Tabel 4.2 Data *Propeller*

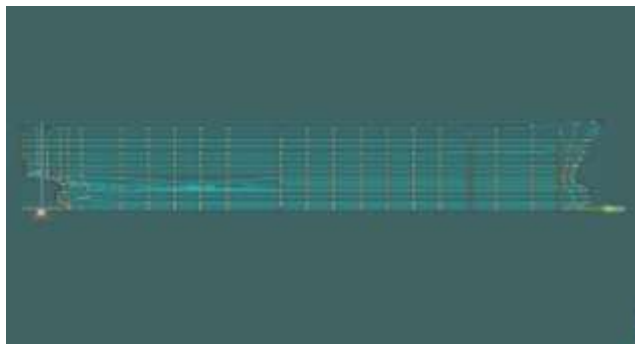
| No | Parameter                 | <i>Propeller Existing (middle)</i> | <i>Propeller Baru (twin)</i> |
|----|---------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 1  | <i>Type Propeller</i>     | B4-85                              | B5-90                        |
| 2  | Jumlah                    | 1                                  | 2                            |
| 3  | Jumlah Daun               | 2                                  | 5                            |
| 4  | Ae/Ao                     | 0.45                               | 0,9                          |
| 5  | Diameter <i>Propeller</i> | 3262 mm                            | 1700 mm                      |
| 6  | P/d                       | 0,84                               | 0,8257                       |
| 7  | Putaran <i>Propeller</i>  | 210 RPM                            | 359,98                       |

### 4.3 Pembuatan Model Lambung Kapal

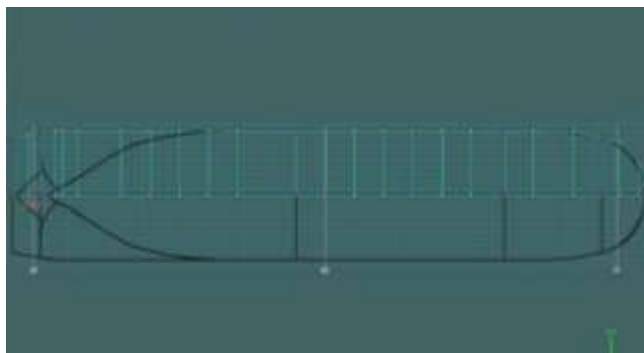
Pada tahap pemodelan kapal dilakukan berdasarkan data linesplan kapal yang sudah ada. Pada tahap ini dilakukan proses pembuatan bentuk tiga dimensi dari model kapal. Pembuatan model lambung kapal menggunakan *software Maxsurf Modeller*, yaitu salah satu program aplikasi pemodelan *hull* kapal.



Gambar 4.2 Pemodelan *Hull* Pandangan Prespective



Gambar 4.3 Pemodelan *Hull* Pandangan Samping



Gambar 4.4 Pemodelan *Hull* Pandangan Atas

#### 4.4 Analisa Tahanan Model Kapal

Analisa tahanan yang dilakukan pada tahap ini untuk membandingkan nilai tahanan pada model kapal dengan menggunakan software *maxsurf resistance* dan *NUMECA Fine Marine (CFD)*.

##### 4.4.1 Analisa Tahanan Kapal (*Maxsurf*)

Untuk mendapatkan nilai tahanan pada kapal, dilakukan analisa tahanan menggunakan software *Maxsurf Resistance*. Dengan software tersebut akan didapatkan nilai tahanan dari kapal. Analisa tahanan kapal pada software *maxsurf resistance* menggunakan metode *holtrop*.

Pertimbangan penggunaan metode *holtrop* dalam perhitungan tahanan kapal pada software *Maxsurf* adalah *Range of variables for statistical power prediction method at MARIN* untuk kapal *Ro-Ro, Car Ferries*. Dimana batasan pada metode *holtrop* adalah sebagai berikut :

- Batasan pada metode *holtrop* untuk kapal *ferry*  
Fn : Max 0,35  
Cp : 0,55 – 0,67  
B/T : 3,2 – 4  
L/B : 5,3 – 8
- Hasil perhitungan nilai batasan pada model kapal  
Fn :  $V_s / \sqrt{(g \times L_{wl})}$   
:  $9,002 / \sqrt{(9,81 \times 111,24)}$   
: 0,272 (terpenuhi)  
Cp : 0,608 (terpenuhi)  
B/T :  $17,2 / 4,5$   
: 3,822 (terpenuhi)  
L/B :  $108 / 17,2$   
: 6,279 (terpenuhi)

Berikut ini adalah hasil dari nilai tahanan pada kapal menggunakan software *Maxsurf Resistance*.

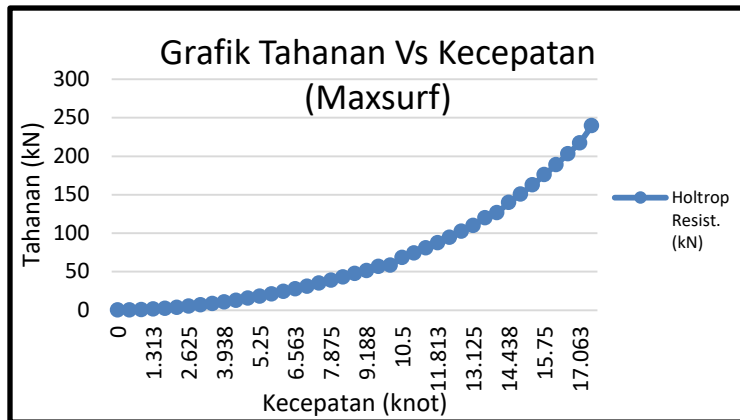
Tabel 4.3 Hasil Tahanan Maxsurf (*holtrop*)

| No | Speed<br>(kn) | Froude<br>No.<br>LWL | Froude<br>No. Vol | Holtrop<br>Resist.<br>(kN) |
|----|---------------|----------------------|-------------------|----------------------------|
| 1  | 0             | 0                    | 0                 | 0                          |
| 2  | 0,438         | 0,007                | 0,018             | 0,2                        |
| 3  | 0,875         | 0,014                | 0,036             | 0,6                        |
| 4  | 1,313         | 0,021                | 0,054             | 1,3                        |
| 5  | 1,75          | 0,028                | 0,072             | 2,3                        |
| 6  | 2,188         | 0,035                | 0,09              | 3,5                        |
| 7  | 2,625         | 0,042                | 0,108             | 4,9                        |
| 8  | 3,063         | 0,049                | 0,125             | 6,5                        |
| 9  | 3,5           | 0,056                | 0,143             | 8,4                        |

Tabel 4.3 Hasil Tahanan Maxsurf (holtrop) (lanjutan)

| No | Speed<br>(kn) | Froude<br>No.<br>LWL | Froude<br>No. Vol | Holtrop<br>Resist.<br>(kN) |
|----|---------------|----------------------|-------------------|----------------------------|
| 10 | 3,938         | 0,063                | 0,161             | 10,4                       |
| 11 | 4,375         | 0,07                 | 0,179             | 12,7                       |
| 12 | 4,813         | 0,077                | 0,197             | 15,3                       |
| 13 | 5,25          | 0,084                | 0,215             | 18                         |
| 14 | 5,688         | 0,091                | 0,233             | 20,9                       |
| 15 | 6,125         | 0,098                | 0,251             | 24,1                       |
| 16 | 6,563         | 0,105                | 0,269             | 27,4                       |
| 17 | 7             | 0,112                | 0,287             | 31                         |
| 18 | 7,438         | 0,119                | 0,305             | 34,8                       |
| 19 | 7,875         | 0,126                | 0,323             | 38,8                       |
| 20 | 8,313         | 0,133                | 0,341             | 43                         |
| 21 | 8,75          | 0,14                 | 0,359             | 47,5                       |
| 22 | 9,188         | 0,147                | 0,376             | 51,24                      |
| 23 | 9,625         | 0,154                | 0,394             | 56,4                       |
| 24 | 10,063        | 0,161                | 0,412             | 58,21                      |
| 25 | 10,5          | 0,168                | 0,43              | 68,1                       |
| 26 | 10,938        | 0,175                | 0,448             | 74,1                       |
| 27 | 11,375        | 0,182                | 0,466             | 80,5                       |
| 28 | 11,813        | 0,189                | 0,484             | 87,3                       |
| 29 | 12,25         | 0,196                | 0,502             | 94,6                       |
| 30 | 12,688        | 0,203                | 0,52              | 102,4                      |
| 31 | 13,125        | 0,21                 | 0,538             | 109,8                      |
| 32 | 13,563        | 0,217                | 0,556             | 119,8                      |
| 33 | 14            | 0,224                | 0,574             | 126,4                      |
| 34 | 14,438        | 0,231                | 0,592             | 139,6                      |
| 35 | 14,875        | 0,238                | 0,609             | 150,6                      |
| 36 | 15,313        | 0,245                | 0,627             | 162,6                      |
| 37 | 15,75         | 0,252                | 0,645             | 175,8                      |
| 38 | 16,188        | 0,259                | 0,633             | 188,9                      |
| 39 | 16,625        | 0,266                | 0,681             | 203                        |
| 40 | 17,063        | 0,273                | 0,699             | 217,2                      |
| 41 | 17,5          | 0,28                 | 0,717             | 239,5                      |

Grafik 4.1 Hasil Tahanan Kapal Maxsurf (holtrop)



Berdasarkan grafik 4.1 dapat diketahui nilai tahanan kapal yang berbanding lurus dengan kecepatan kapal, semakin besar kecepatan kapal maka semakin besar pula nilai tahanan pada kapal. Diketahui pada grafik di atas nilai tahanan kapal pada kecepatan maximal 17,5 knot sebesar 239,5 kN.

#### 4.4.2 Analisa Hambatan Kapal (*NUMECA Fine Marine*)

Untuk mendapatkan nilai tahanan pada kapal dengan simulasi pada software *NUMECA Fine Marine* (CFD), ada beberapa tahapan pada simulasi CFD untuk mendapatkan nilai tahanan pada kapal. Model yang telah dibuat akan *dimeshing* pada software *NUMECA Fine Marine* (CFD) dengan besar meshing yang disesuaikan dengan bentuk dari model kapal. Kemudian akan dilanjutkan dengan pemberian batasan atau *boundary condition*.

##### 4.4.2.1 Simulasi/ Running Model

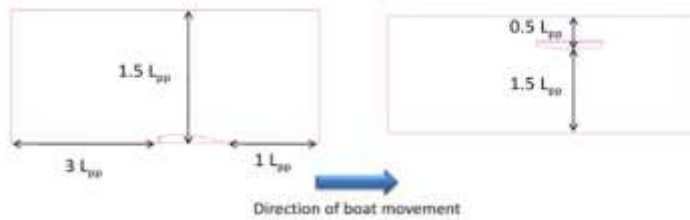
- Proses Geometri CAD

Proses simulasi pada software *CFD* dimulai dari pembuatan model badan kapal yang berasal dari *Maxsurf Modeller* kemudian diexport ke program CAD 3D untuk membuat model kapal menjadi *solid*. Model kapal yang dibuat dari beberapa *surface* dijadikan sebuah bentuk yang tertutup rapat sehingga menjadi benda pejal. Setelah menjadi *solid*, model disimpan dalam bentuk format *Parasolid* (.x\_t).

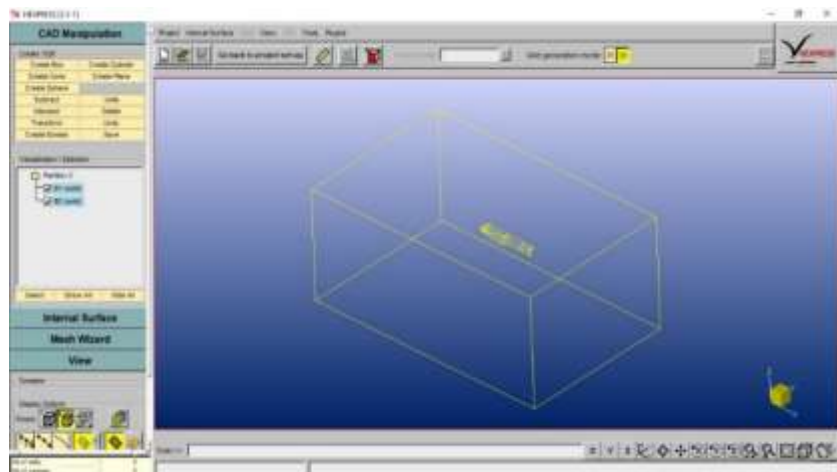
- Domain

Pemodelan dilakukan dengan membuat dua bidang utama yaitu lambung kapal dan bidang balok. Lambung kapal akan menjadi bidang yang akan dicari nilai gayanya, sedangkan bidang balok sebagai media fluida atau tempat mengalirnya fluida.



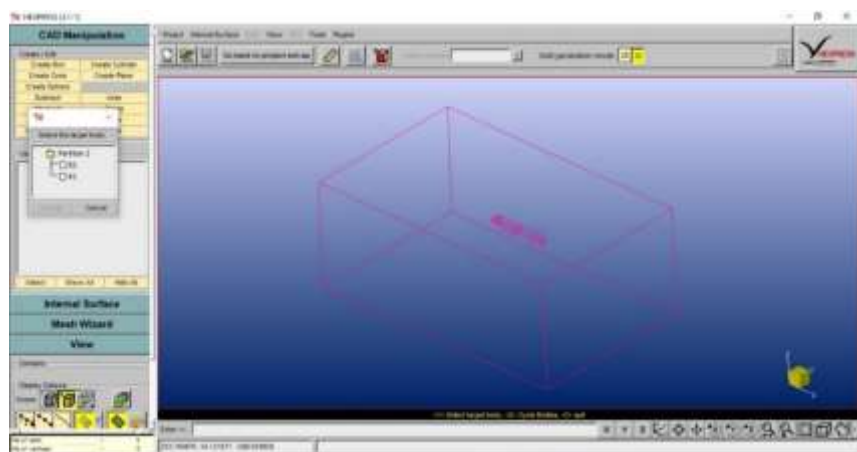


Gambar 4.5 Standart Ukuran *Boundary Domain*



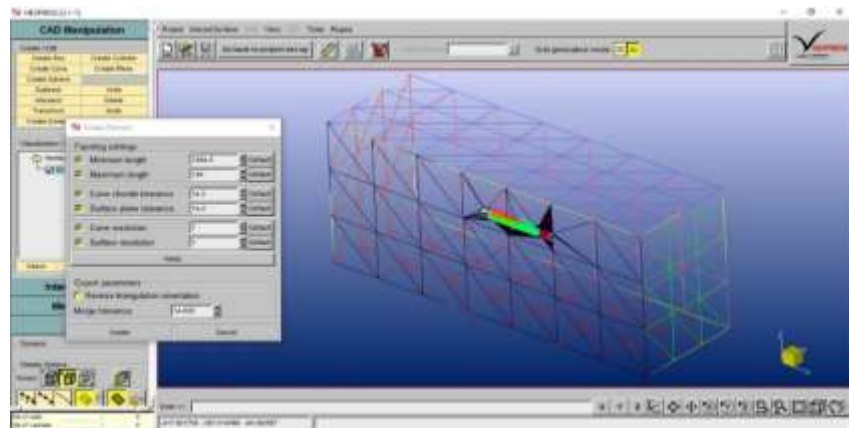
Gambar 4.6 Pemodelan Lambung Kapal

Setelah itu lambung kapal dengan bidang balok di subtract untuk menentukan bidang yang akan dialiri fluida. Sehingga bidang yang telah *disubtract* dapat dibuat sebuah *domain*.



Gambar 4.7 Proses *Subtract*

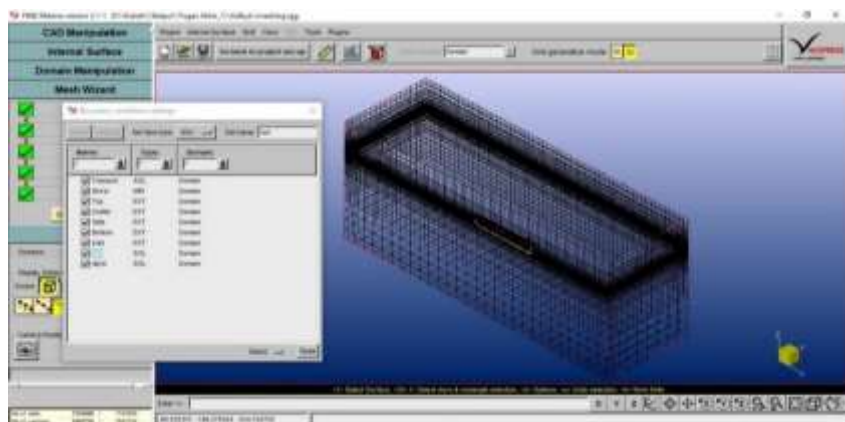
Domain merupakan daerah batas atau ruang lingkup dimana fluida tersebut berada dan bekerja. *Domain* yang digunakan adalah *domain stationer* dimana fluida yang bekerja adalah fluida air dan fluida udara. Pada domain ini area yang meliputi ke dalam *domain* yaitu model dari kapal.



Gambar 4.8 Proses Pembuatan *Domain*

- *Boundary*

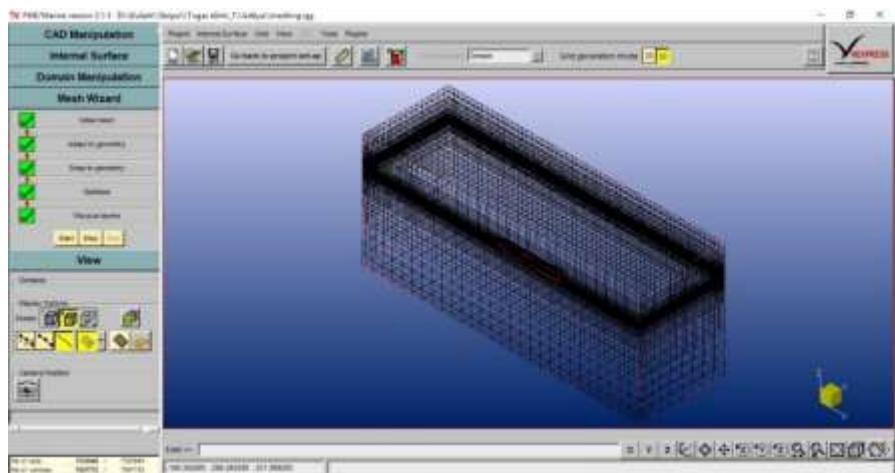
Setelah domain dibuat, selanjutnya menentukan *boundary* atau batas-batas yaitu menentukan letak *input* dan *output* fluida serta *solid* atau tidaknya *domain*. Batas atau *boundary* yang dibuat untuk mengetahui karakteristik dari model dan fluida yang bekerja, sehingga mendekati dengan kondisi sebenarnya. Pemberian batas hanya menggunakan fitur *surface*, yang digambar dengan bentuk balok yang diletakan mengelilingi model.



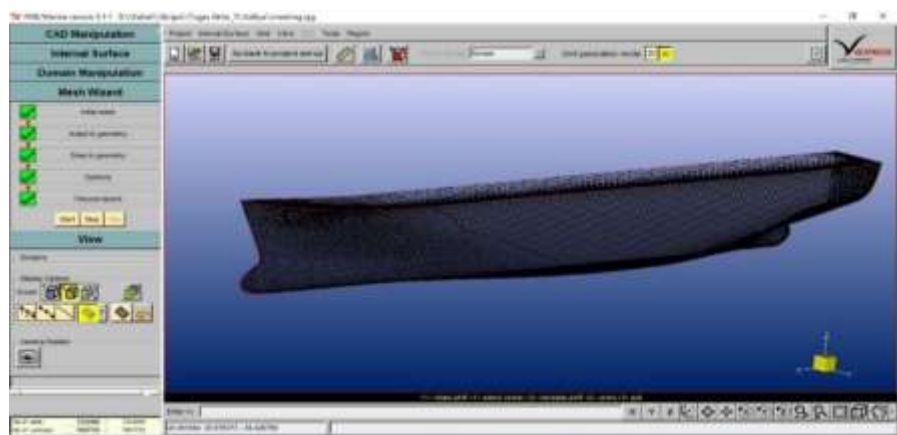
Gambar 4.9 Penentuan *Boundary*

- *Meshing*

Setelah proses *boundary*, maka selanjutnya dilakukan proses *meshing*. *Meshing* merupakan suatu proses pembagian geometri model menjadi elemen-elemen (*cells*) dan node-node yang lebih kecil. Pada proses pengujian model dengan software CFD, setiap elemen-elemen tersebut yang akan diberikan perhitungan oleh software CFD. Durasi lamanya proses *meshing* bergantung pada ukuran *meshing* dan jumlah elemen yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran *meshing* dan semakin banyak jumlah elemennya, maka akan semakin lama pula durasi proses *meshing*. Dengan ukuran mesh serta jumlah elemen optimum tersebut, *mesh* yang dihasilkan berukuran sangat kecil dan sangat rapat antara satu dengan yang lain, sehingga memberikan hasil yang optimum serta meningkatkan ketelitian ketika dilakukan simulasi.

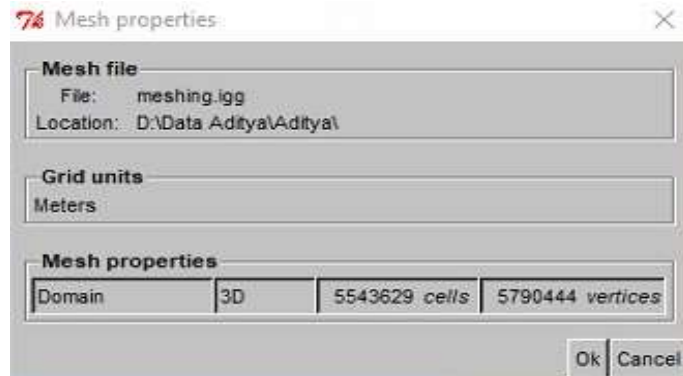


Gambar 4.10 Proses *Meshing*



Gambar 4.11 Hasil *Meshing*

Besarnya jumlah *cell* atau *grid* yang digunakan dalam perhitungan akan menentukan keakuratan hasil yang diperoleh karena jumlah *cell* mempengaruhi perubahan bentuk geometri pada saat pemrosesan hasil. Kualitas atau jumlah *mesh grid* merupakan hal mendasar untuk *convergence* dan keakuratan simulasi/komputasi CFD. Kualitas dan nilai *grid* didiskusikan secara detail oleh Thompson dkk (1999) dan Deng dkk (2010).



Gambar 4.12 Jumlah *Cells* dalam Proses *Meshing*

Setelah pembuatan model sampai pada tahap *meshing*, maka langkah selanjutnya adalah pengujian model atau *running*. Pengujian model dilakukan dengan memberikan beberapa parameter. Ada beberapa parameter sebelum melakukan simulasi pada software *NUMECA Fine Marine* diantaranya kondisi aliran, jenis fluida yang akan digunakan, jenis aliran, kondisi batas geometri, kondisi kapal, kondisi gerakan kapal, variable control serta hasil analisa yang mendefinisikan mengenai jumlah dari *time step* dan periode gerakan kapal yang digunakan. Proses *running* simulasi merupakan proses perhitungan data secara komputasi oleh komputer. Pengujian terhadap model ini bertujuan untuk mengetahui nilai tahanan dari kapal pengaruh adanya tahanan tambahan akibat perbedaan operasional sistem *propulsi*.

#### 4.4.2.2 Validasi

Validasi harus dilakukan terhadap hasil analisa yang telah dilakukan. Hal ini dilakukan untuk memastikan data yang dihasilkan memiliki keakuratan yang baik. Validasi terhadap elemen yang paling efektif agar data yang dihasilkan valid, sehingga dilakukan validasi terhadap elemen *meshing* dengan hasil sebagai berikut :

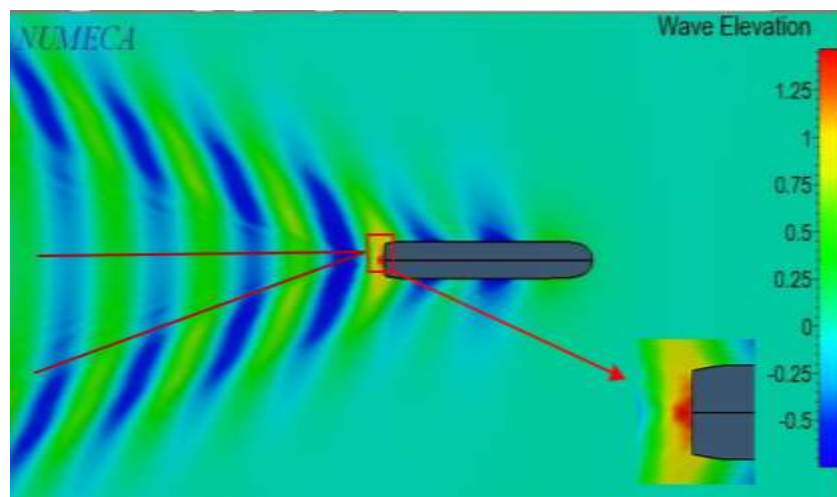
Tabel 4.4 Hasil Validasi Elemen *Meshing*

| No | Model       | <i>nb of Cells</i> | <i>nb of Vertices</i> | Force (kN) |
|----|-------------|--------------------|-----------------------|------------|
| 1  | Percobaan 1 | 5149352            | 5379343               | 238,4494   |
| 2  | Percobaan 2 | 55543629           | 5790444               | 238,472    |
| 3  | Percobaan 3 | 5937788            | 6201495               | 238,598    |
| 4  | Percobaan 4 | 6331928            | 6612509               | 238,734    |
| 5  | Percobaan 5 | 7802330            | 8133112               | 238,871    |
| 6  | Percobaan 6 | 8907945            | 9258489               | 238,997    |

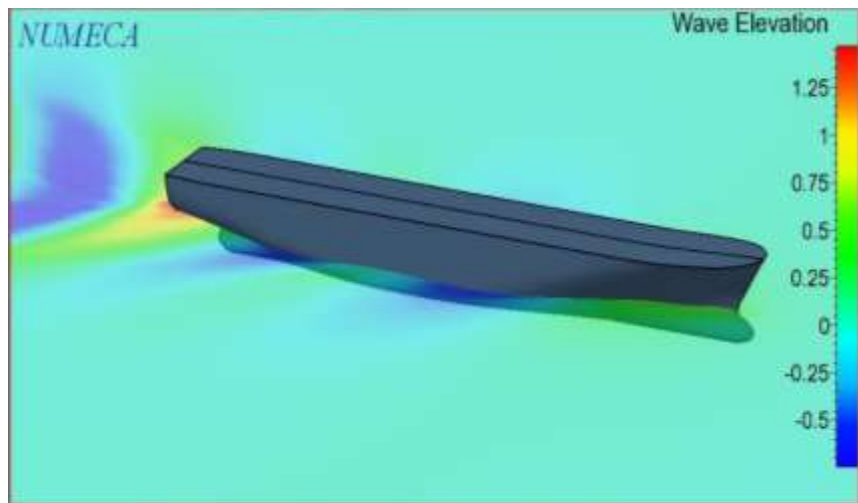
Sehingga dari hasil validasi elemen meshing diatas, pada *meshing* tipe percobaan 1 dan percobaan 2 mempunyai selisih yang tidak terlalu jauh, sehingga dipilih pengaturan percobaan 2 untuk proses *meshing*.

#### 4.4.2.3 Hasil Simulasi Model

Model yang disimulasikan akan dihasilkan data berupa nilai tahanan kapal pada setiap model kapal yang telah dibuat. Terdapat 1 model dengan 13 variasi kecepatan. Data – data tersebut akan digunakan untuk analisa nilai tahanan tambahan serta *speed loss* yang terjadi pada kapal. Berikut adalah hasil simulasi pada kondisi kapal tanpa ada tambahan *propeller*.

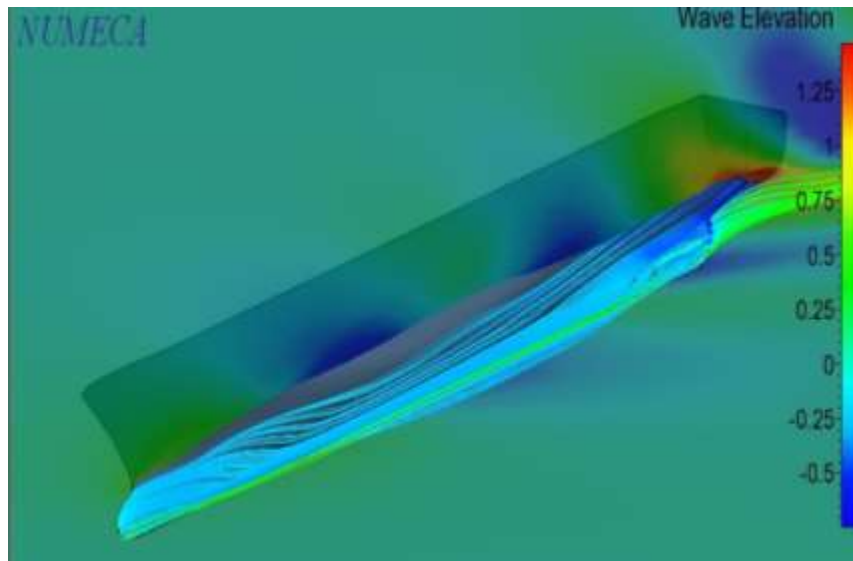


Gambar 4.13 Hasil Simulasi Gelombang pada Kecepatan 17,5 knot



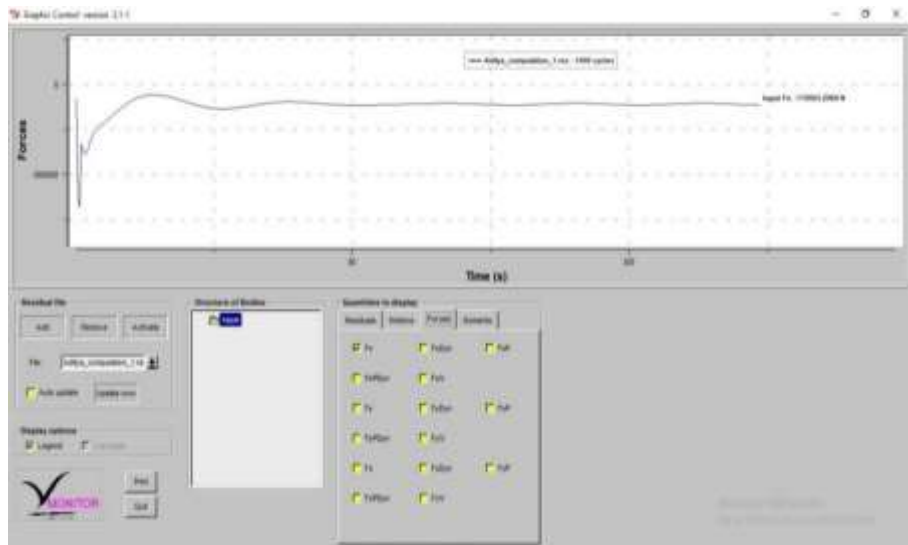
Gambar 4.14 Hasil Simulasi Gelombang pada Kecepatan 17,5 knot

Pada Gambar 4.13 dan 4.14 mengilustrasikan kontur pada kondisi gelombang pada sarat kapal 4,5 meter dan kecepatan kapal 17,5 knot, dapat diketahui bawah gelombang yang dihasilkan oleh kapal membentuk sudut yang tidak sama pada bagian buritan kapal, semakin jauh dari buritan lambung kapal sudut yang dihasilkan semakin besar. Hasil simulasi merupakan interaksi antara aliran fluida udara dan air laut terhadap kapal yang dapat menyebabkan *force* ataupun gaya yang menghambat kapal.



Gambar 4.15 Kontur Aliran Fluida di Lambung pada Kecepatan 17,5 knot

Pada gambar 4.15 ditampilkan kontur aliran fluida yang melewati lambung kapal. Dari gambar tersebut dapat dilihat aliran yang melewati lambung kapal ini seragam. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa fluida mempunyai kecepatan aliran yang lebih tinggi pada bagian buritan kapal. Hal ini menunjukkan bahwa aliran fluida mengalami kenaikan aliran setelah melewati bagian buritan kapal.



Gambar 4.16 Analisa Tahanan Kapal pada *Software NUMECA Fine Marine*

Dari gambar diatas, diketahui nilai tahanan kapal yang diperoleh dari simulasi pada *software NUMECA Fine Marine* pada kecepatan servis sebesar 17,5 knot adalah sebesar 119,236 kN, karena ketika pemodelan pada *software NUMECA* lambung kapal dibagi menjadi 2 bagian, maka nilai tahanan yang didapatkan dari hasil simulasi dikalikan 2 untuk mendapatkan nilai tahanan penuh dari kapal sehingga nilai tahanan pada kapal sebesar 238,472 kN.

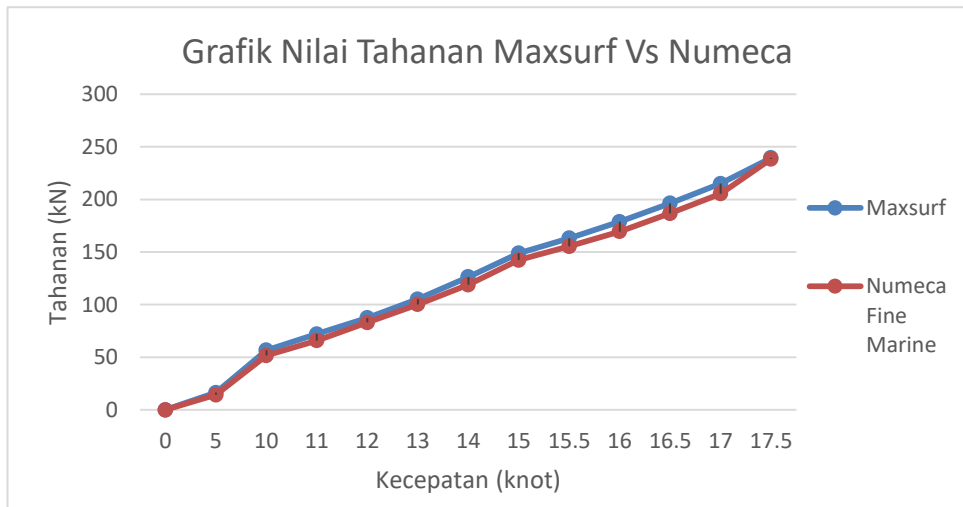
#### 4.5 Perbandingan Nilai Tahanan *Maxsurf* dan *NUMECA Fine Marine*

Analisa nilai tahanan pada kapal dengan menggunakan simulasi pada *software Maxsurf* dan *NUMECA Fine Marine* (CFD) dilakukan dengan memberikan 13 variasi kecepatan pada model kapal. Kemudian akan dilakukan analisa untuk mendapatkan nilai tahanan pada model pada setiap variasi kecepatan.

Tabel 4.5 Perbandingan Nilai Tahanan Kapal

| No | Kecepatan |        | Fn       | Tahanan (kN)         |                          | Selisi<br>Nilai<br>Tahanan<br>kN |
|----|-----------|--------|----------|----------------------|--------------------------|----------------------------------|
|    |           |        |          | Maxsurf<br>(holtrop) | Numeca<br>Fine<br>Marine |                                  |
|    | Knot      | m/s    |          | kN                   | kN                       |                                  |
| 1  | 0         | 0      | 0        | 0                    | 0                        | 0                                |
| 2  | 5         | 2,5722 | 0,077865 | 16,4                 | 14,25                    | 2,15                             |
| 3  | 10        | 5,1444 | 0,155729 | 56,7                 | 51,63                    | 5,07                             |
| 4  | 11        | 5,6588 | 0,171302 | 72                   | 65,79                    | 6,21                             |
| 5  | 12        | 6,1733 | 0,186875 | 87,4                 | 83,05                    | 4,35                             |
| 6  | 13        | 6,6877 | 0,202448 | 105,3                | 100,2                    | 5,1                              |
| 7  | 14        | 7,2022 | 0,218021 | 126,4                | 118,86                   | 7,54                             |
| 8  | 15        | 7,7166 | 0,233594 | 148,9                | 142,33                   | 6,57                             |
| 9  | 15,5      | 7,9738 | 0,24138  | 163,1                | 155,482                  | 7,618                            |
| 10 | 16        | 8,231  | 0,249167 | 178,9                | 169,58                   | 9,32                             |
| 11 | 16,5      | 8,4883 | 0,256953 | 196,4                | 186,708                  | 9,692                            |
| 12 | 17        | 8,7455 | 0,264739 | 215,1                | 205,48                   | 9,62                             |
| 13 | 17,5      | 9,0027 | 0,272526 | 239,5                | 238,472                  | 1,028                            |

Grafik 4.2 Perbandingan Nilai Tahanan Kapal



Berdasarkan grafik diatas, dapat diketahui bahwa semakin tinggi kecepatan kapal maka akan semakin tinggi pula tahanan yang dihasilkan oleh kapal. Perbandingan nilai tahanan yang dihasilkan pada software *Maxsurf* dan *NUMECA*



*Fine Marine* (CFD) memiliki perbedaan yang tidak begitu jauh. Nilai tahanan yang dihasilkan pada software *Maxsurf* lebih tinggi dibandingkan nilai tahanan yang dihasilkan pada software *NUMECA Fine Marine*, rata – rata perbedaan selisih nilai tahanan kapal sebesar 5,88 %.

#### 4.6 Validasi Model

Untuk mengetahui keakuratan hasil yang kita peroleh perlu dilakukan proses validasi. Pada proses ini dilakukan penyesuaian variable atau parameter antara model dengan objek yang dimodelkan. Variable atau parameter yang dicocokkan adalah hasil perhitungan dengan parameter yang di peroleh dari simulasi pada *software*, dalam hal ini adalah *software Maxsurf* dan *NUMECA Fine Marine*. Pada tahap ini akan dilakukan proses validasi untuk kebutuhan daya *engine* pada kapal. dari nilai tahanan yang didapat dari hasil *simulasi* akan dilakukan perhitungan kebutuhan daya *engine*. Sebelum menghitung kebutuhan daya *engine*, terlebih dahulu diketahui tahanan total pada kondisi dinas atau service. Tahanan total pada kondisi dinas adalah tahanan yang dimiliki kapal ketika kapal tersebut berlayar pada lingkungan yang akan dilalui kapal tersebut. Dalam hal ini, kapal yang direncanakan mengambil angka 15% yang termasuk dalam jalur pelayaran asia yang mempunyai nilai sebesar 15 – 30%. Kemudian hasil dari perhitungan akan dibandingkan dengan parameter pada kapal sebenarnya, perbandingan nilai tersebut untuk mendapatkan nilai yang sesuai atau paling tidak mendekati.

##### 4.6.1 Validasi Kebutuhan Daya Engine (Software Maxsurf)

- Nilai Tahanan Kapal (Model *Maxsurf*)
 
$$RT = 239,5 \text{ kN}$$

$$R_{tdinas} = (1+15\%) \times RT \text{ [5]}$$

$$= (1+15\%) \times 239,5$$

$$= 275,43 \text{ kN}$$
- Menghitung Daya Efektif Kapal (EHP) [1]
 
$$EHP = R_{tdinas} \times V_s$$

$$= 275,43 \times 9,0027$$

$$= 2479,59 \text{ kW}$$

$$= 3371,3 \text{ HP}$$

Dimana :

$$V_s = 17,5 \text{ knot}$$
- Menghitung Wake Fraction (w) [1]
 
$$W = 0,5 \times C_p$$

$$= 0,5 \times 0,652$$

$$= 0,326$$
- Menghitung Thrust Deduction Factor (t) [1]
 
$$t = \text{trust deduction factor}$$

$$= 0,5 \times C_p - 0,12$$

$$= 0,7 \times 0,652 - 0,12$$

$$= 0,206$$
- Menghitung Efisiensi Hull [1]

$$\begin{aligned}\eta_{hull} &= \frac{1-t}{1-w} \\ &= \frac{1-0,206}{1-0,326} \\ &= 1,17804\end{aligned}$$

- Menghitung Efisiensi *Relatif Rotatif* [1]

Harga  $\eta_{rr}$  untuk kapal dengan *propeller tipe single screw* bekisar 1 – 1,1 . (principal of naval architecture hal 152) pada perencanaan *propeller* ini diambil harga  $\eta_{rr} = 1$

- Menghitung Efisiensi *Propulsif* [1]

Efisiensi *Propulsif* ( $\eta_o$ ) adalah *open water efficiency*, yaitu *efficiency* dari *propeller* pada saat dilakukan *open water test*. Nilainya anatar 40 – 70 % dan diambil  $\eta_o = 55 \%$

- Menghitung *Propulsive Coefficient* (PC) [1]

$$\begin{aligned}PC &= \eta_{hull} \times \eta_o \times \eta_{rr} \\ &= 1,17804 \times 0,55 \times 1 \\ &= 0,6479\end{aligned}$$

- Menghitung *Delivery Horse Power* (DHP) [1]

$$\begin{aligned}DHP &= EHP/PC \\ &= 3371,3 / 0,6479 \\ &= 5203,24 \text{ HP}\end{aligned}$$

- Menghitung Daya Pada Poros Baling-Baling (SHP) [1]

$$\begin{aligned}SHP &= DHP / \eta_s \eta_b \\ &= 5203,24 / 0,98 \\ &= 5309,42 \text{ HP}\end{aligned}$$

Dimana :

$\eta_s \eta_b$  = *shaft transmission efficiency*. Pengurangan 2% ~ 3% untuk kamar mesin di kapal bagian belakang

$\eta_s \eta_b$  = 0,98 (untuk kamar mesin di bagian belakang = 100% - 2%)

- Perhitungan Daya Mesin Penggerak Utama

- BHPscr [1]

Adanya pengaruh *effisiensi* roda sistem gigi transmisi ( $\eta_G$ ), pada tugas ini memakai sistem roda gigi reduksi tunggal atau *single reduction gears* dengan loss 2% untuk arah maju shg  $\eta_G = 0,98$

$$\begin{aligned}BHPscr &= SHP / \eta_G \\ &= 5309,42 / 0,98 \\ &= 5417,78 \text{ HP}\end{aligned}$$

- BHPmcr [1]

Daya keluaran pada kondisi maksimum dari motor induk, dimana besarnya daya BHPscr = dari BHPmcr (kondisi maksimum)

$$\begin{aligned}BHPmcr &= BHPscr / 0.85 \\ &= 5417,78 / 0.85 \\ &= 6373,86 \text{ HP} \\ &= 4687,97 \text{ kW}\end{aligned}$$

#### 4.6.2 Validasi Kebutuhan Daya Engine (Software NUMECA Fine Marine)

- Nilai Tahanan Kapal (Model *NUMECA Fine Marine*)  

$$RT = 238,472 \text{ kN}$$

$$R_{tdinas} = (1+15\%) \times RT \text{ [5]}$$

$$= (1+15\%) \times 238,472$$

$$= 274,24 \text{ kN}$$
- Menghitung Daya Efektif Kapal (EHP) [1]  

$$EHP = R_{tdinas} \times V_s$$

$$= 274,24 \times 9,0027$$

$$= 2468,94 \text{ kW}$$

$$= 3356,8 \text{ HP}$$

Dimana :

$$V_s = 17,5 \text{ knot}$$
- Menghitung *Wake Fraction* (w) [1]  

$$W = 0,5 \times C_p$$

$$= 0,5 \times 0,652$$

$$= 0,326$$
- Menghitung *Thrust Deduction Factor* (t) [1]  

$$t = \text{trust deduction factor}$$

$$= 0,5 \times C_p - 0,12$$

$$= 0,7 \times 0,652 - 0,12$$

$$= 0,206$$
- Menghitung Efisiensi *Hull* [1]  

$$\eta_{hull} = \frac{1-t}{1-w}$$

$$= \frac{1-0,206}{1-0,326}$$

$$= 1,17804$$
- Menghitung Efisiensi *Relatif Rotatif* [1]  

Harga  $\eta_{rr}$  untuk kapal dengan *propeller tipe single screw* bekisar 1 – 1,1 . (principal of naval architecture hal 152) pada perencanaan *propeller* ini diambil harga  $\eta_{rr} = 1$
- Menghitung Efisiensi *Propulsif* [1]  

Efisiensi *Propulsif* ( $\eta_o$ ) adalah *open water efficiency*, yaitu *efficiency* dari *propeller* pada saat dilakukan *open water test*. Nilainya anatar 40 – 70 % dan diambil  $\eta_o = 55 \%$
- Menghitung *Propulsive Coefficient* (PC) [1]  

$$PC = \eta_{hull} \times \eta_o \times \eta_{rr}$$

$$= 1,17804 \times 0,55 \times 1$$

$$= 0,6479$$
- Menghitung *Delivery Horse Power* (DHP) [1]  

$$DHP = EHP/PC$$

$$= 3356,8 / 0,6479$$

$$= 5180,90 \text{ HP}$$
- Menghitung Daya Pada Poros Baling-Baling (SHP) [1]  

$$SHP = DHP / \eta_s \eta_b$$

$$= 5180,90 / 0,98$$

$$= 5286,64 \text{ HP}$$

Dimana :

$\eta_s \eta_b$  = *shaft transmission efficiency*. Pengurangan 2% ~ 3% untuk kamar mesin di kapal bagian belakang

$\eta_s \eta_b$  = 0,98 (untuk kamar mesin di bagian belakang = 100% - 2%)

- Perhitungan Daya Mesin Penggerak Utama

- BHPscr [1]

Adanya pengaruh efisiensi roda sistem gigi transmisi ( $\eta_G$ ), pada tugas ini memakai sistem roda gigi reduksi tunggal atau *single reduction gears* dengan *loss* 2% untuk arah maju shg  $\eta_G = 0,98$

$$\text{BHPscr} = \text{SHP} / \eta_G$$

$$= 5286,64 / 0,98$$

$$= 5394,53 \text{ HP}$$

- BHPmcr [1]

Daya keluaran pada kondisi maksimum dari motor induk, dimana besarnya daya BHPscr = dari BHPmcr (kondisi maksimum)

$$\text{BHPmcr} = \text{BHPscr} / 0,85$$

$$= 5394,53 / 0,85$$

$$= 6346,5 \text{ HP}$$

$$= 4667,85 \text{ kW}$$

#### 4.6.3 Hasil Perbandingan Validasi Nilai Daya

Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Daya Engine

| No | Daya Existing | Maxsurf (holtrop) |         | NUMECA Fine Marine |        |
|----|---------------|-------------------|---------|--------------------|--------|
|    |               | Tahanan           | Daya    | Tahanan            | Daya   |
|    | (HP)          | (kN)              | (HP)    | (kN)               | (HP)   |
| 1  | 6400          | 239,5             | 6373,86 | 238,472            | 6346,5 |

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui perbandingan nilai daya *engine* dari hasil *simulasi*. Perbandingan hasil nilai daya *engine* yang diperoleh dari simulasi *maxsurf* dan *NUMECA Fine Marine* tidak dapat sama persis, namun kedua hasil tersebut memiliki selisih nilai yang tidak terlalu besar. Sehingga parameter yang diperoleh dianggap valid atau sesuai antara model dengan yang dimodelkan.

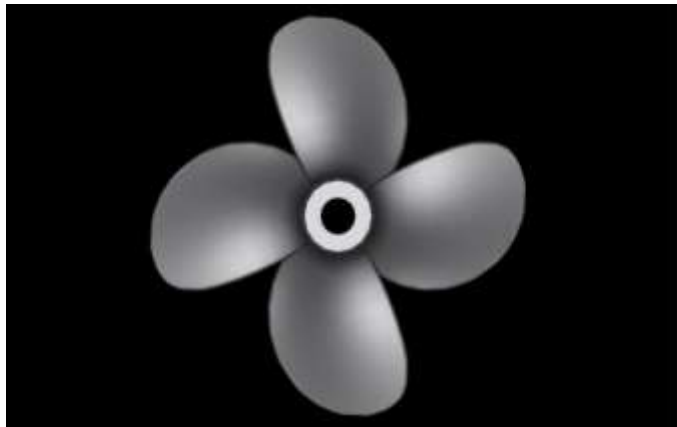
#### 4.7 Pembuatan Model Lambung Kapal dengan tambahan *Propeller*

Pembuatan model kapal dengan menambahkan propeller sebagai tahanan tambahan pada kapal, pembuatan model dilakukan pada software CAD. Terdapat dua jenis penggambaran model lambung kapal, yaitu lambung kapal dengan *single propeller* diam dan lambung kapal dengan *twins propeller* diam.

##### 4.7.1 Pemodelan Lambung Kapal dengan *Single Propeller*

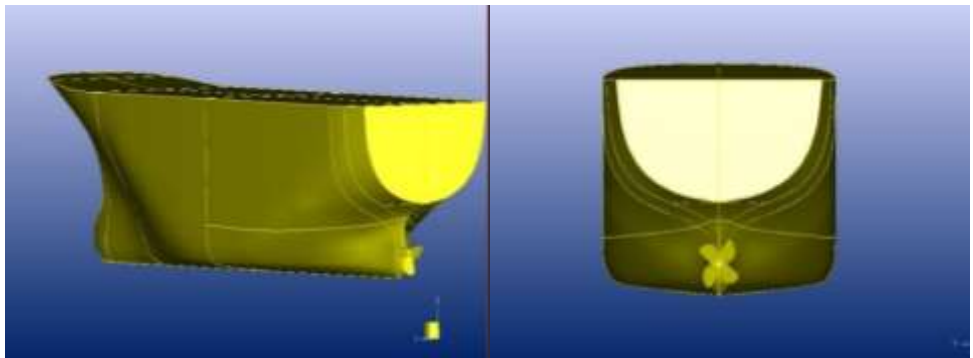
Pada tahap pemodelan ini akan dilakukan berdasarkan model yang telah dibuat di awal. Pada tahap ini terlebih dahulu dilakukan pemodelan propeller menggunakan software CAD berdasarkan data yang telah ditetapkan.

Pada pemodelan Lambung Kapal dengan *Single Propeller* menggunakan propeller tipe B4-85.



Gambar 4.17 Geometri *Propeller* B4-B5

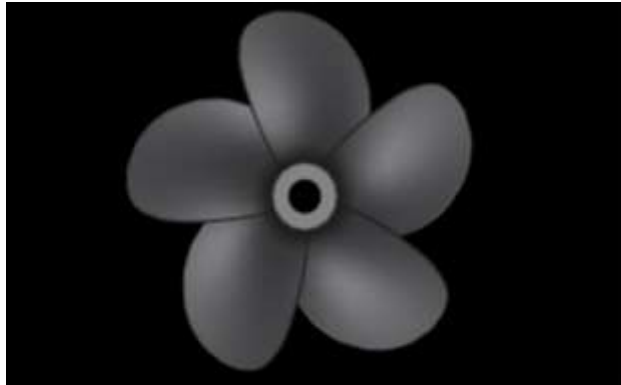
Kemudian setelah tahap penggambaran *propeller* telah selesai kemudian melakukan pemodelan lambung kapal dengan tambahan propeller di bagian buritan kapal dengan menggunakan software *solidwork*.



Gambar 4.18 Model Lambung Kapal dengan *Single Propeller*

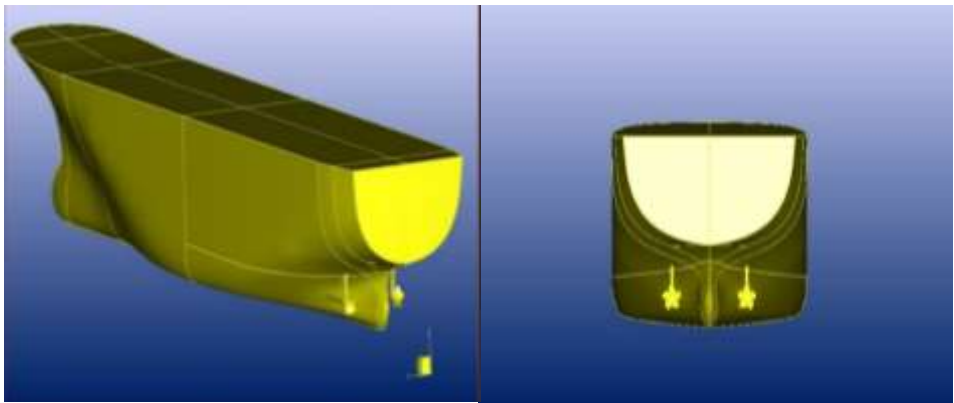
#### 4.7.2 Pemodelan Lambung Kapal dengan *Twin Propeller*

Pada tahap pemodelan ini akan dilakukan berdasarkan model yang telah dibuat di awal. Pada tahap ini terlebih dahulu dilakukan pemodelan *propeller* menggunakan software CAD berdasarkan data yang telah ditetapkan. Pada pemodelan Lambung Kapal dengan *Twin Propeller* menggunakan propeller tipe B5-90.



Gambar 4.19 Geometri *Propeller* B5-90

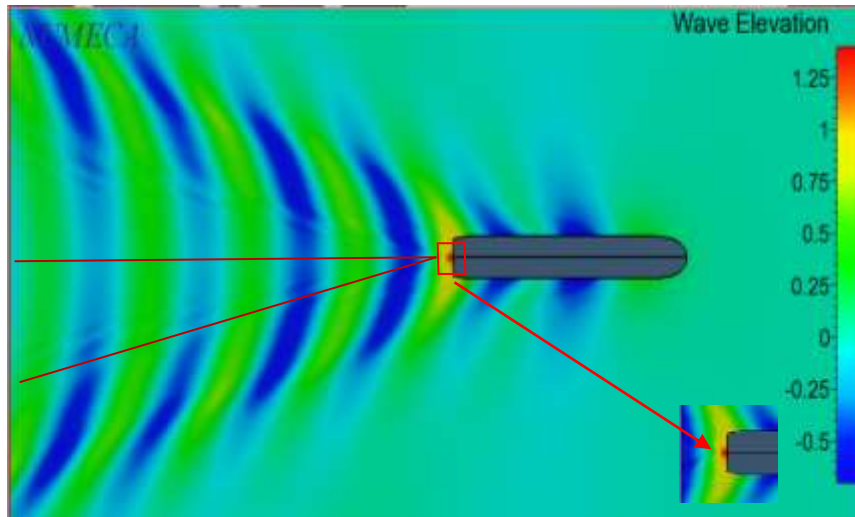
Kemudian setelah tahap penggambaran propeller tekah selesai kemudian melakukan pemodelan lambung kapal dengan tambahan *propeller* di bagian buritan kapal dengan menggunakan software *solidwork*. Penggambaran model lambung kapal dengan *twin propeller*, memiliki jarak antar *propeller* sebesar 6,62 m, jarak ujung daun *propeller* ke lambung (*clearance*) sebesar 0,74 m.



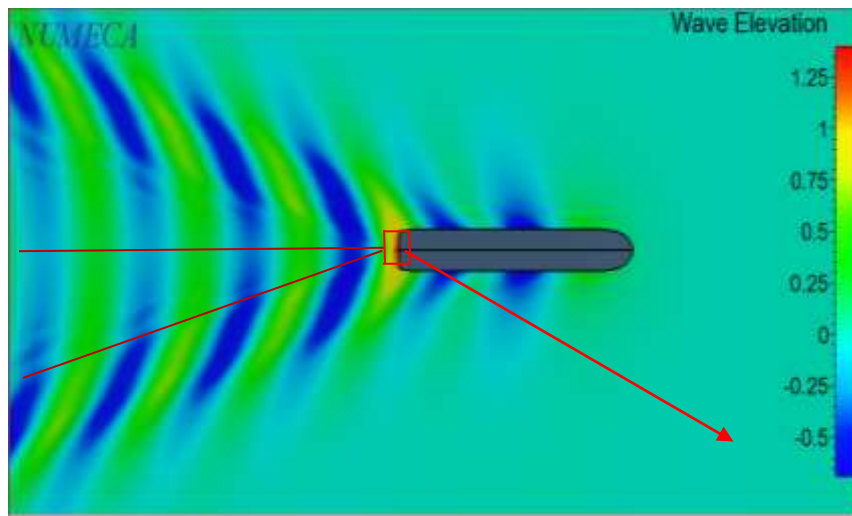
Gambar 4.20 Model Lambung Kapal dengan *twin Propeller*

#### 4.8 Hasil Simulasi Tahanan Kapal dengan Tambahan *Propeller*

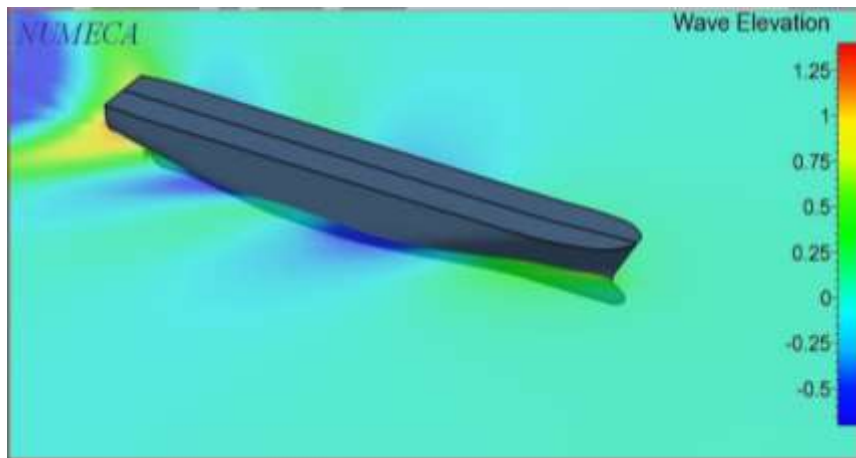
Analisa tahanan kapal pada model lambung kapal dengan tambahan *propeller* menggunakan software *NUMECA Fine Marine* untuk mendapatkan nilai tahanan pada kapal. Model lambung kapal akan disimulasi atau di *running* pada software *NUMECA Fine Marine* dengan memberikan 13 variasi kecepatan kapal. Data – data tersebut akan digunakan untuk analisa nilai tahanan tambahan serta *speed loss* yang terjadi pada kapal.



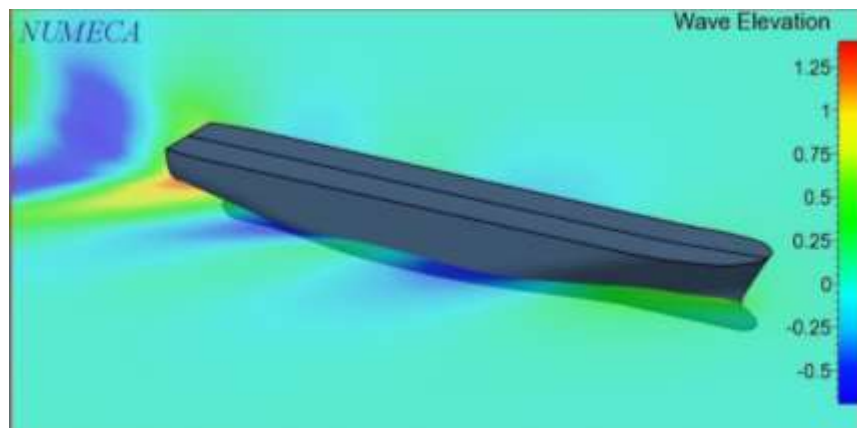
Gambar 4.21 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 17,5 knot (lambung kapal dengan single propeller)



Gambar 4.22 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 17,5 knot (lambung kapal dengan twin propeller)



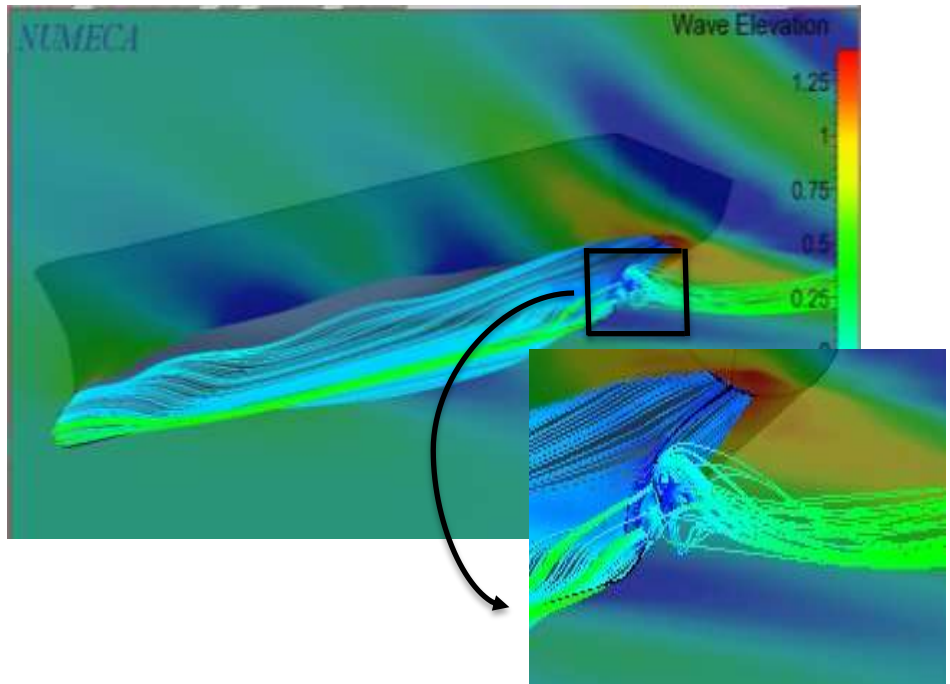
Gambar 4.23 Hasil Simulasi Gelombang pada Kecepatan 17,5 knot (Lambung Kapal dengan *single Propeller*)



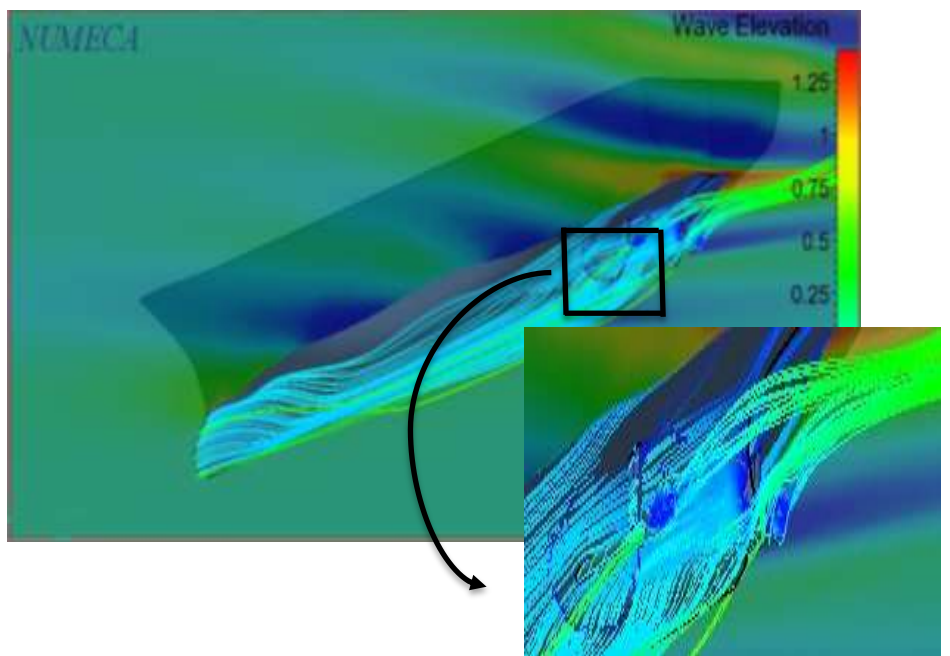
Gambar 4.24 Hasil Simulasi Gelombang pada Kecepatan 17,5 knot (Lambung Kapal dengan *Twin Propeller*)

Pada Gambar 4.21 dan gambar 4.22 mengilustrasikan kontur kondisi gelombang pada sarat kapal 4,5 meter dan kecepatan kapal 17,5 knot. Dapat diketahui perbedaan dari kedua gambar terlihat pada sudut keluar dari gelombang pada buritan kapal. Sudut yang dihasilkan pada gambar 4.21 cenderung lebih kecil dibandingkan dengan gambar 4.22, hal ini disebabkan karena pengaruh adanya tambahan *propeller* pada bagian buritan kapal yang dapat menyebabkan bentuk gelombang yang dihasilkan oleh kapal ketika berlayar. Pada gambar tersebut dapat diketahui kontur tekanan yang terjadi pada bagian buritan kapal. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa tekanan yang lebih tinggi terdapat pada gambar 4.22 yang merupakan lambung kapal dengan tambahan *twin propeller* diam sebagai tahanan tambahan.



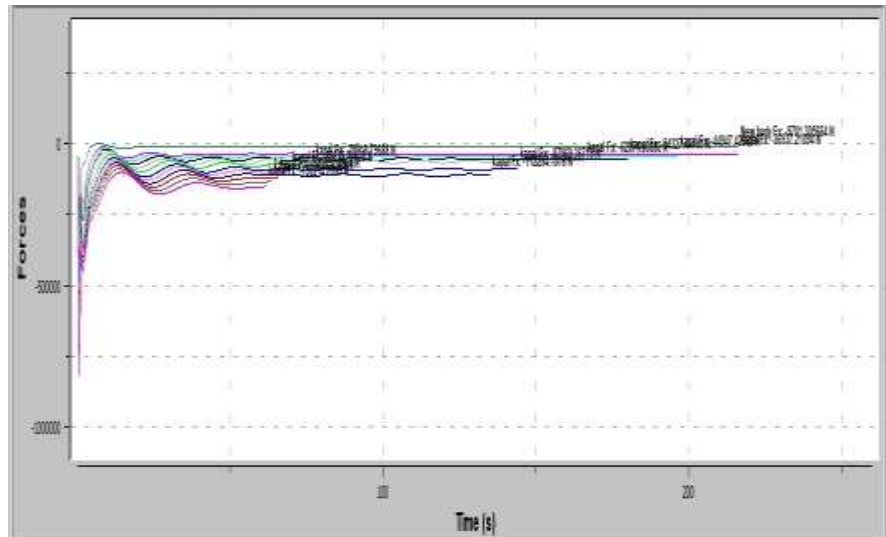


Gambar 4.25 Kontur Aliran Fluida di Lambung pada Kecepatan 17,5 knot  
(Lambung Kapal dengan *Single Propeller*)

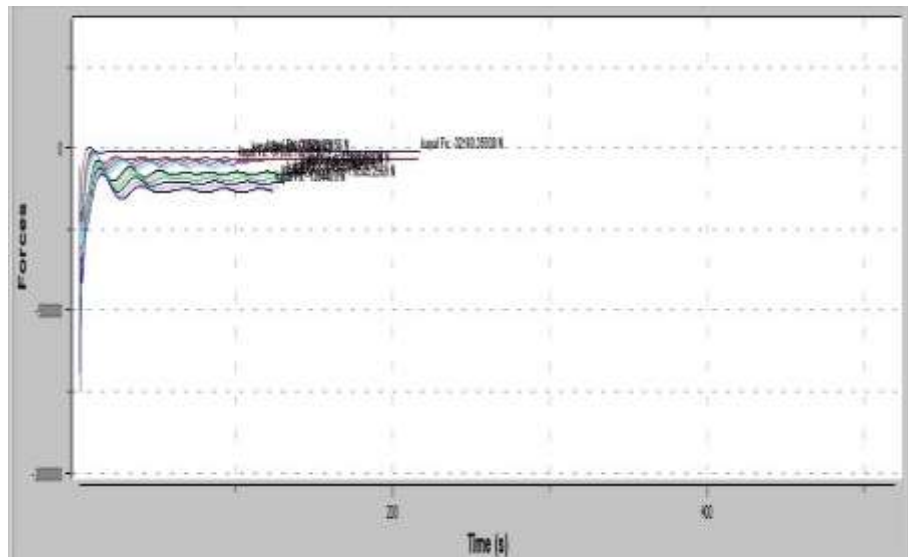


Gambar 4.26 Kontur Aliran Fluida di Lambung pada Kecepatan 17,5 knot  
(Lambung Kapal dengan *Twin Propeller*)

Pada gambar 4.25 dan gambar 4.26 ditampilkan kontur aliran fluida yang melewati lambung kapal. Dari gambar tersebut dapat diketahui aliran yang melewati lambung kapal ini seragam. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa fluida mempunyai kecepatan aliran yang lebih tinggi pada bagian buritan kapal. Hal ini menunjukkan bahwa aliran fluida mengalami kenaikan kecepatan aliran setelah melewati propeller .



Gambar 4.27 Analisa Hambatan Kapal pada Software NUMECA Fine Marine (Lambung Kapal dengan *Single Propeller*)



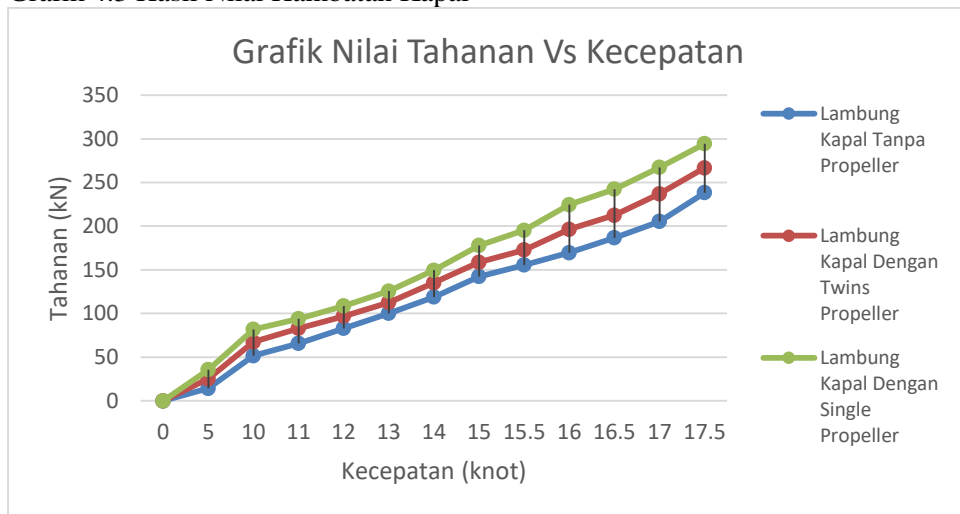
Gambar 4.28 Analisa Hambatan Kapal pada Software NUMECA Fine Marine (Lambung Kapal dengan *Twin Propeller*)

Pada gambar 4.27 dan gambar 4.28 merupakan hasil nilai tahanan kapal pada software CFD. Pada gambar tersebut dapat dilihat hasil nilai tahanan kapal dari berbagai variasi kecepatan, dimana semakin tinggi grafik yang dihasilkan maka semakin besar nilai tahanan yang dihasilkan. Nilai tahanan tersebut berbanding lurus dengan kecepatan kapal, dimana semakin besar kecepatan kapal maka semakin besar pula tahanan kapal. Nilai-nilai tahanan tersebut telah disajikan pada table 4.7 dengan variasi model dan kecepatan kapal.

Tabel 4.7 Hasil Nilai Hambatan Kapal

| No | Kecepatan |         | Fn       | Tahanan (kN)                  |  |  |
|----|-----------|---------|----------|-------------------------------|--|--|
|    |           |         |          | Lambung Kapal Tanpa Propeller | Lambung Kapal Dengan <i>Twin Propeller</i> | Lambung Kapal Dengan <i>Single Propeller</i> |
|    | Knot      | m/s     |          | kN                            | kN   | kN   |
| 1  | 0         | 0       | 0        | 0                             | 0  | 0  |
| 2  | 5         | 2,5722  | 0,077865 | 14,25                         | 25,14                                      | 35,68  |
| 3  | 10        | 5,1444  | 0,155729 | 51,63                         | 67,32                                      | 81,874                                       |
| 4  | 11        | 5,65884 | 0,171302 | 65,79                         | 83,05                                      | 93,894                                       |
| 5  | 12        | 6,17328 | 0,186875 | 83,05                         | 96,92                                      | 108,654                                      |
| 6  | 13        | 6,68772 | 0,202448 | 100,2                         | 112,7                                      | 125,742                                      |
| 7  | 14        | 7,20216 | 0,218021 | 118,86                        | 135,208                                    | 149,465                                      |
| 8  | 15        | 7,7166  | 0,233594 | 142,33                        | 158,678                                    | 177,938                                      |
| 9  | 15,5      | 7,97382 | 0,24138  | 155,482                       | 172,836                                    | 195,331                                      |
| 10 | 16        | 8,23104 | 0,249167 | 169,58                        | 196,48                                     | 224,588                                      |
| 11 | 16,5      | 8,48826 | 0,256953 | 186,708                       | 212,49                                     | 242,369                                      |
| 12 | 17        | 8,74548 | 0,264739 | 205,48                        | 237,09                                     | 267,292                                      |
| 13 | 17,5      | 9,0027  | 0,272526 | 238,472                       | 266,886                                    | 294,475                                      |

Grafik 4.3 Hasil Nilai Hambatan Kapal



Pada grafik 4.3 diketahui bahwa perbandingan antara nilai tahanan kapal dengan kecepatan kapal, bahwa nilai tahanan kapal akan semakin besar seiring dengan pertambahan kecepatan kapal. Pada grafik tersebut diketahui perbedaan nilai tahanan kapal pada setiap kondisi, bahwa dengan adanya tahanan tambahan berupa *propeller* pada kapal akan meningkatkan nilai tahanan total kapal yang dihasilkan. Rata rata kenaikan nilai tahanan yang dihasilkan pada kapal dengan tahanan tambahan *twin propeller* diam sebesar 21,2 %, sedangkan pada kapal dengan tahanan tambahan *single propeller* diam sebesar 41,6 %, dibandingkan dengan tahanan kapal tanpa adanya tambahan *propeller* sebagai tahanan tambahan.

#### 4.9 Engine Propeller Matching (Lambung Kapal dengan Twin Propeller Diam)

##### 4.9.1 Perhitungan Nilai *wake fraction* dan *thrust deduction factor*

Perhitungan nilai *wake fraction* dan *thrust deduction factor* pada perencanaan ini menggunakan tipe *single screw propeller* maka nilai *wake fraction* dan *thrust deduction factor* adalah :

- Menghitung *Wake Fraction* (*w*) [1]
 
$$\begin{aligned}
 W &= 0,5 \times C_p \\
 &= 0,5 \times 0,652 \\
 &= 0,326
 \end{aligned}$$
- Menghitung *Thrust Deduction Factor* (*t*) [1]
 
$$\begin{aligned}
 t &= \text{trust deduction factor} \\
 &= 0,5 \times C_p - 0,12 \\
 &= 0,5 \times 0,652 - 0,12 \\
 &= 0,206
 \end{aligned}$$

##### 4.9.2 Perhitungan Koefisiensi $\alpha$ dan $\beta$

Dalam perhitungan *engine propeller matching* ini menggunakan metode varisai kecepatan, sehingga tahanan disetiap kecepatan memiliki nilai yang berbeda. Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$  :

- Rumus untuk menghitung koefisien  $\alpha$  [1]

- $$\alpha = \frac{R_T}{V_S^2}$$

- Rumus untuk menghitung koefisien  $\beta$  [1]

$$\beta = \frac{\alpha}{\{(1-t)x(1-w)^2x\rho xD^2\}}$$

Berdasarkan rumus untuk menghitung koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$  diatas diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$

| Kecepatan | Rt     | Rt dinas | Clean    |         | Service  |           |
|-----------|--------|----------|----------|---------|----------|-----------|
| knot      | kN     | kN       | $\alpha$ | $\beta$ | $\alpha$ | $\beta$   |
| 0         | 0      | 0        | 0        | 0       | 0        | 0         |
| 5         | 25,14  | 28,911   | 3,79976  | 0,96588 | 4,36972  | 1,1107634 |
| 10        | 67,32  | 77,418   | 2,54375  | 0,64661 | 2,925314 | 0,7436018 |
| 11        | 83,05  | 95,5075  | 2,59349  | 0,65925 | 2,982515 | 0,758142  |
| 12        | 96,92  | 111,458  | 2,54321  | 0,64647 | 2,924686 | 0,7434422 |
| 13        | 112,7  | 129,605  | 2,51981  | 0,64052 | 2,897781 | 0,7366031 |
| 14        | 135,21 | 155,489  | 2,60661  | 0,66259 | 2,997607 | 0,7619783 |
| 15        | 158,68 | 182,48   | 2,6648   | 0,67738 | 3,064521 | 0,7789875 |
| 15,5      | 172,84 | 198,761  | 2,71832  | 0,69099 | 3,126074 | 0,794634  |
| 16        | 196,48 | 225,952  | 2,90007  | 0,73719 | 3,335084 | 0,8477635 |
| 16,5      | 212,49 | 244,364  | 2,94918  | 0,74967 | 3,391556 | 0,8621184 |
| 17        | 237,09 | 272,654  | 3,09989  | 0,78798 | 3,564871 | 0,9061742 |
| 17,5      | 266,89 | 306,919  | 3,29291  | 0,83704 | 3,78685  | 0,9626003 |

#### 4.9.3 Hull Propeller Match

*Hull Propeller Match* ialah membaca interaksi antara lambung kapal dengan *propeller* yang di desain. Dengan membuat hubungan  $K_T - J$ . Dimana nilai J divariasikan antara 0 – 1, dengan kelipatan 0.1 serta untuk nilai  $K_T$  didapat dari persamaan : [1]

$$K_T = \beta \times J^2$$

Berikut adalah hasil perhitungan  $K_T$  dalam variasi J pada pada kondisi *rough hull* dan *clean hull* :

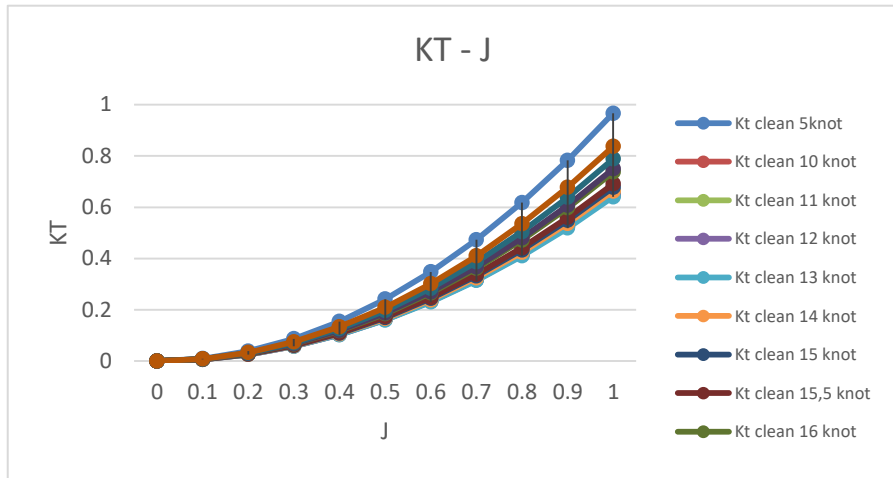
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan KT-J Kondisi *Clean Hull* dan *Rough Hull*

| J   | 5 knot   |            | 10 knot  |            | 11knot   |            | 12 knot  |            | 13 knot  |            | 14 knot  |            |
|-----|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
|     | Kt clean | Kt service | Kt clean | Kt service | Kt clean | Kt service | Kt clean | Kt service | Kt clean | Kt service | Kt clean | Kt service |
| 0   | 0        | 0          | 0        | 0          | 0        | 0          | 0        | 0          | 0        | 0          | 0        | 0          |
| 0,1 | 0,010    | 0,011      | 0,006    | 0,007      | 0,007    | 0,0076     | 0,0065   | 0,0074     | 0,0064   | 0,0074     | 0,0066   | 0,0076     |
| 0,2 | 0,039    | 0,044      | 0,026    | 0,030      | 0,026    | 0,0303     | 0,0259   | 0,0297     | 0,0256   | 0,0295     | 0,0265   | 0,0305     |
| 0,3 | 0,087    | 0,100      | 0,058    | 0,067      | 0,059    | 0,0682     | 0,0582   | 0,0669     | 0,0576   | 0,0663     | 0,0596   | 0,0686     |
| 0,4 | 0,155    | 0,178      | 0,103    | 0,119      | 0,105    | 0,1213     | 0,1034   | 0,1190     | 0,1025   | 0,1179     | 0,1060   | 0,1219     |
| 0,5 | 0,241    | 0,278      | 0,162    | 0,186      | 0,165    | 0,1895     | 0,1616   | 0,1859     | 0,1601   | 0,1842     | 0,1656   | 0,1905     |
| 0,6 | 0,348    | 0,400      | 0,233    | 0,268      | 0,237    | 0,2729     | 0,2327   | 0,2676     | 0,2306   | 0,2652     | 0,2385   | 0,2743     |
| 0,7 | 0,473    | 0,544      | 0,317    | 0,364      | 0,323    | 0,3715     | 0,3168   | 0,3643     | 0,3139   | 0,3609     | 0,3247   | 0,3734     |
| 0,8 | 0,618    | 0,711      | 0,414    | 0,476      | 0,422    | 0,4852     | 0,4137   | 0,4758     | 0,4099   | 0,4714     | 0,4241   | 0,4877     |
| 0,9 | 0,782    | 0,900      | 0,524    | 0,602      | 0,534    | 0,6141     | 0,5236   | 0,6022     | 0,5188   | 0,5966     | 0,5367   | 0,6172     |
| 1   | 0,966    | 1,111      | 0,647    | 0,744      | 0,659    | 0,7581     | 0,6465   | 0,7434     | 0,6405   | 0,7366     | 0,6626   | 0,7620     |

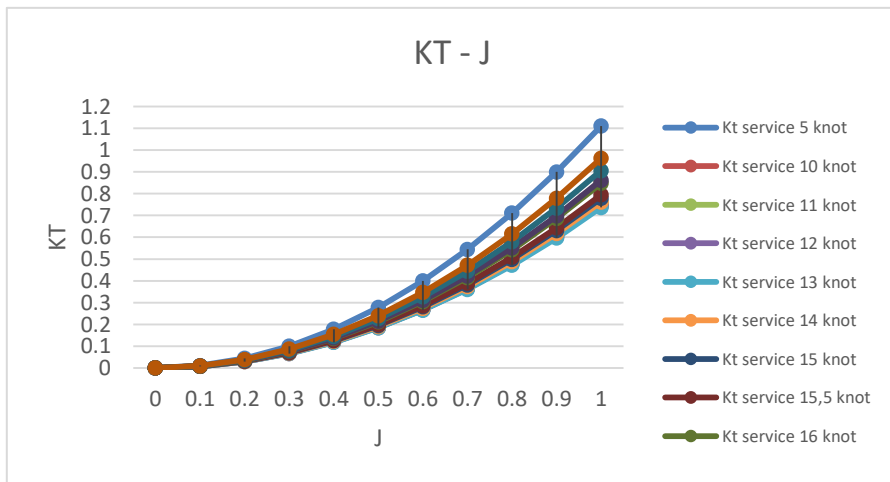
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan KT-J Kondisi *Clean Hull* dan *Rough Hull*  
(Lanjutan)

| J   | 15 knot  |            | 15,5 knot |            | 16 knot  |            | 16,5 knot |            | 17 knot  |            | 17,5 knot |            |
|-----|----------|------------|-----------|------------|----------|------------|-----------|------------|----------|------------|-----------|------------|
|     | Kt clean | Kt service | Kt clean  | Kt service | Kt clean | Kt service | Kt clean  | Kt service | Kt clean | Kt service | Kt clean  | Kt service |
| 0   | 0        | 0          | 0         | 0          | 0        | 0          | 0         | 0          | 0        | 0          | 0         | 0          |
| 0,1 | 0,007    | 0,008      | 0,007     | 0,008      | 0,007    | 0,008      | 0,007     | 0,009      | 0,008    | 0,009      | 0,008     | 0,010      |
| 0,2 | 0,027    | 0,031      | 0,028     | 0,032      | 0,029    | 0,034      | 0,030     | 0,034      | 0,032    | 0,036      | 0,033     | 0,039      |
| 0,3 | 0,061    | 0,070      | 0,062     | 0,072      | 0,066    | 0,076      | 0,067     | 0,078      | 0,071    | 0,082      | 0,075     | 0,087      |
| 0,4 | 0,108    | 0,125      | 0,111     | 0,127      | 0,118    | 0,136      | 0,120     | 0,138      | 0,126    | 0,145      | 0,134     | 0,154      |
| 0,5 | 0,169    | 0,195      | 0,173     | 0,199      | 0,184    | 0,212      | 0,187     | 0,216      | 0,197    | 0,227      | 0,209     | 0,241      |
| 0,6 | 0,244    | 0,280      | 0,249     | 0,286      | 0,265    | 0,305      | 0,270     | 0,310      | 0,284    | 0,326      | 0,301     | 0,347      |
| 0,7 | 0,332    | 0,382      | 0,339     | 0,389      | 0,361    | 0,415      | 0,367     | 0,422      | 0,386    | 0,444      | 0,410     | 0,472      |
| 0,8 | 0,434    | 0,499      | 0,442     | 0,509      | 0,472    | 0,543      | 0,480     | 0,552      | 0,504    | 0,580      | 0,536     | 0,616      |
| 0,9 | 0,549    | 0,631      | 0,560     | 0,644      | 0,597    | 0,687      | 0,607     | 0,698      | 0,638    | 0,734      | 0,678     | 0,780      |
| 1   | 0,677    | 0,779      | 0,691     | 0,795      | 0,737    | 0,848      | 0,750     | 0,862      | 0,788    | 0,906      | 0,837     | 0,963      |

Grafik 4.4 KT-J Hull Diagram



Grafik 4.5 KT-J Hull Diagram



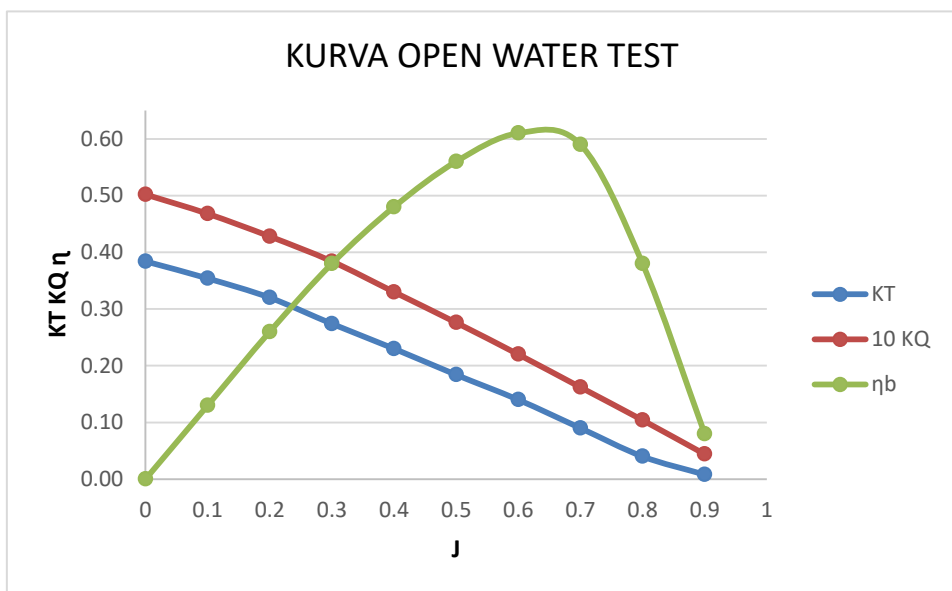
#### 4.9.4 Membuat Grafik Propeller Open Water Test KQ KT J

Pada langkah ini, dibutuhkan grafik *open water test* sesuai dengan *type propeller* yang digunakan untuk mencari nilai KT KQ J dengan berpatokan nilai P/D pada *type propeller* yang telah ditetapkan. Dari pengeplotan grafik KT KQ J pada *propeller type* B4-85, dengan pengeplotan nilai P/D 0,84 sehingga dari pengeplotan grafik tersebut didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.10 KT-KQ-J

| B4 – 85 |       |        |          |
|---------|-------|--------|----------|
| P/Db    | 0,840 |        |          |
| J       | KT    | 10 KQ  | $\eta_b$ |
| 0       | 0,384 | 0,5020 | 0        |
| 0,1     | 0,354 | 0,4680 | 0,1300   |
| 0,2     | 0,320 | 0,4280 | 0,2600   |
| 0,3     | 0,274 | 0,3840 | 0,3800   |
| 0,4     | 0,230 | 0,3300 | 0,4800   |
| 0,5     | 0,184 | 0,2760 | 0,5600   |
| 0,6     | 0,140 | 0,2200 | 0,6100   |
| 0,7     | 0,090 | 0,1620 | 0,5900   |
| 0,8     | 0,040 | 0,1040 | 0,3800   |
| 0,9     | 0,008 | 0,0440 | 0,080    |
| 1       | 0     | 0      | 0        |

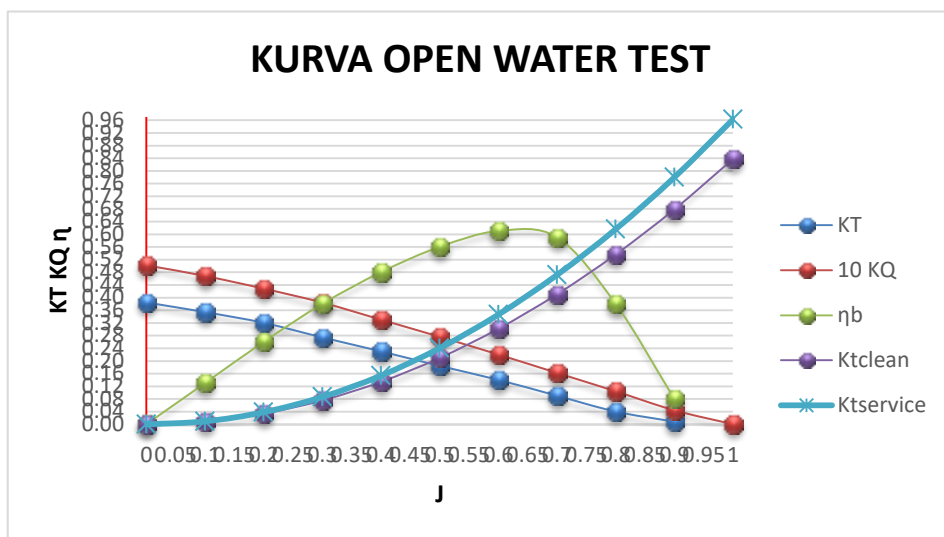
Grafik 4.6 KT-KQ-J Diagram





#### 4.9.5 Pembacaan Grafik *Open Water Test*

Dari dua grafik diatas yaitu grafik KT-J dan grafik *open water test* digabungkan dalam satu grafik untuk mendapatkan nilai KT KQ J dan  $\eta$  sehingga dari penggabungan grafik tersebut didapatkan grafik sebagai berikut:  
Grafik 4.7 *Open Water Test Diagram* Kec 17,5 knot



Dari grafik di atas didapatkan beberapa nilai koefisien KT, 10KQ J yang disajikan pada table dibawah ini.  
Tabel 4.11 Hasil Pembacaan grafik nilai KT KQ J

| No | Kecepatan | Clean |        |      | Service |        |      |
|----|-----------|-------|--------|------|---------|--------|------|
|    | knot      | KT    | KQ     | J    | KT      | KQ     | J    |
| 1  | 0         | 0     | 0      | 0    | 0       | 0      | 0    |
| 2  | 5         | 0,205 | 0,0299 | 0,46 | 0,213   | 0,031  | 0,44 |
| 3  | 10        | 0,177 | 0,0265 | 0,52 | 0,183   | 0,0279 | 0,50 |
| 4  | 11        | 0,178 | 0,0267 | 0,52 | 0,188   | 0,0279 | 0,5  |
| 5  | 12        | 0,176 | 0,0267 | 0,52 | 0,185   | 0,0279 | 0,5  |
| 6  | 13        | 0,177 | 0,0265 | 0,52 | 0,185   | 0,0278 | 0,5  |
| 7  | 14        | 0,175 | 0,028  | 0,52 | 0,189   | 0,028  | 0,5  |
| 8  | 15        | 0,18  | 0,027  | 0,51 | 0,19    | 0,028  | 0,49 |
| 9  | 15,5      | 0,181 | 0,0271 | 0,51 | 0,19    | 0,0282 | 0,49 |
| 10 | 16        | 0,185 | 0,0279 | 0,5  | 0,195   | 0,0289 | 0,48 |
| 11 | 16,5      | 0,185 | 0,0279 | 0,5  | 0,195   | 0,029  | 0,48 |
| 12 | 17        | 0,19  | 0,0282 | 0,49 | 0,2     | 0,0295 | 0,47 |
| 13 | 17,5      | 0,195 | 0,0288 | 0,48 | 0,205   | 0,03   | 0,46 |

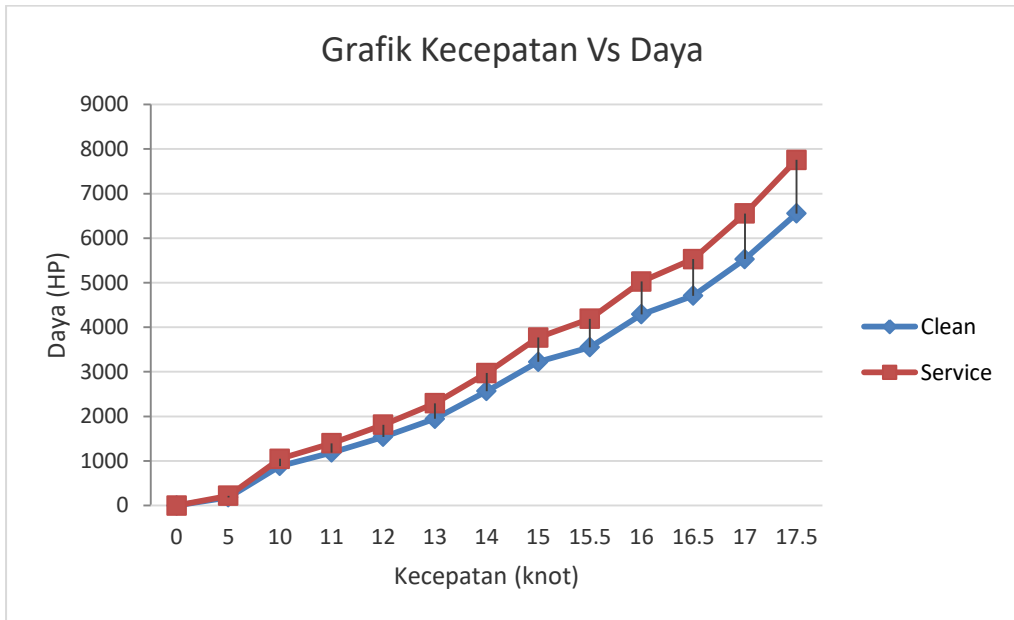
Tabel 4.12 Hasil *Engine Propeller Matching* Kondisi *Clean Hull*

| Vs   |       | Va    |      | Kt    | KQ     | J    | Propeller  |            | Q(Nm) | DHP<br>(kW) | SHP<br>(kW) | BHP<br>scr<br>(kW) | BHP<br>mcr<br>(kW) | BHP mcr<br>(HP) | % BHP  |
|------|-------|-------|------|-------|--------|------|------------|------------|-------|-------------|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------|
| Knot | m/s   | Knot  | m/s  |       |        |      | n<br>(rps) | n<br>(rpm) |       |             |             |                    |                    |                 |        |
| 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0    | 0          | 0          | 0     | 0           | 0           | 0                  | 0                  | 0               | 0,0%   |
| 5    | 2,572 | 3,37  | 1,73 | 0,205 | 0,0299 | 0,46 | 1,16       | 69,32      | 15,11 | 109,7       | 112         | 114,3              | 134,4              | 180,261         | 2,8%   |
| 10   | 5,144 | 6,74  | 3,47 | 0,177 | 0,0265 | 0,52 | 2,04       | 122,6      | 41,92 | 538,6       | 549,6       | 560,8              | 659,8              | 884,77          | 13,8%  |
| 11   | 5,659 | 7,414 | 3,81 | 0,178 | 0,0267 | 0,52 | 2,25       | 134,9      | 51,1  | 722,3       | 737         | 752,1              | 884,8              | 1186,52         | 18,5%  |
| 12   | 6,173 | 8,088 | 4,16 | 0,176 | 0,0267 | 0,52 | 2,45       | 147,2      | 60,82 | 937,7       | 956,9       | 976,4              | 1149               | 1540,42         | 24,1%  |
| 13   | 6,688 | 8,762 | 4,51 | 0,177 | 0,0265 | 0,52 | 2,66       | 159,4      | 70,84 | 1183        | 1207        | 1232               | 1450               | 1943,84         | 30,4%  |
| 14   | 7,202 | 9,436 | 4,85 | 0,175 | 0,028  | 0,52 | 2,86       | 171,7      | 86,81 | 1562        | 1593        | 1626               | 1913               | 2565,23         | 40,1%  |
| 15   | 7,717 | 10,11 | 5,2  | 0,18  | 0,027  | 0,51 | 3,13       | 187,6      | 99,9  | 1963        | 2003        | 2044               | 2405               | 3224,94         | 50,4%  |
| 15,5 | 7,974 | 10,45 | 5,37 | 0,181 | 0,0271 | 0,51 | 3,22       | 193,5      | 106,6 | 2161        | 2205        | 2251               | 2648               | 3550,55         | 55,5%  |
| 16   | 8,231 | 10,78 | 5,55 | 0,185 | 0,0279 | 0,5  | 3,4        | 204,1      | 122,2 | 2613        | 2666        | 2720               | 3200               | 4291,89         | 67,1%  |
| 16,5 | 8,488 | 11,12 | 5,72 | 0,185 | 0,0279 | 0,5  | 3,51       | 210,5      | 130   | 2865        | 2924        | 2983               | 3510               | 4706,96         | 73,5%  |
| 17   | 8,745 | 11,46 | 5,89 | 0,19  | 0,0282 | 0,49 | 3,69       | 221,3      | 145,2 | 3365        | 3434        | 3504               | 4123               | 5528,43         | 86,4%  |
| 17,5 | 9,003 | 11,8  | 6,07 | 0,195 | 0,0288 | 0,48 | 3,88       | 232,5      | 163,7 | 3989        | 4070        | 4153               | 4886               | 6552,05         | 102,4% |

Tabel 4.13 Hasil *Engine Propeller Matching* Kondisi *Service*

| Vs   |       | Va    |      | Kt    | KQ     | J    | Propeller  |            | Q(Nm) | DHP<br>(kW) | SHP<br>(kW) | BHP<br>scr<br>(kW) | BHP<br>mcr<br>(kW) | BHP mcr<br>(HP) | % BHP  |
|------|-------|-------|------|-------|--------|------|------------|------------|-------|-------------|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------|
| Knot | m/s   | Knot  | m/s  |       |        |      | n<br>(rps) | n<br>(rpm) |       |             |             |                    |                    |                 |        |
| 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0    | 0          | 0          | 0     | 0           | 0           | 0                  | 0                  | 0               | 0,0%   |
| 5    | 2,572 | 3,37  | 1,73 | 0,213 | 0,031  | 0,44 | 1,21       | 72,8       | 17,28 | 131,8       | 134,5       | 137,2              | 161,4              | 216,493         | 3,4%   |
| 10   | 5,144 | 6,74  | 3,47 | 0,183 | 0,0279 | 0,50 | 2,13       | 127,6      | 47,73 | 637,9       | 650,9       | 664,2              | 781,4              | 1047,82         | 16,4%  |
| 11   | 5,659 | 7,414 | 3,81 | 0,188 | 0,0279 | 0,5  | 2,34       | 140,3      | 57,76 | 849         | 866,3       | 884                | 1040               | 1394,65         | 21,8%  |
| 12   | 6,173 | 8,088 | 4,16 | 0,185 | 0,0279 | 0,5  | 2,55       | 153,1      | 68,74 | 1102        | 1125        | 1148               | 1350               | 1810,64         | 28,3%  |
| 13   | 6,688 | 8,762 | 4,51 | 0,185 | 0,0278 | 0,5  | 2,76       | 165,8      | 80,38 | 1396        | 1425        | 1454               | 1711               | 2293,82         | 35,8%  |
| 14   | 7,202 | 9,436 | 4,85 | 0,189 | 0,028  | 0,5  | 3,01       | 180,4      | 95,8  | 1810        | 1847        | 1885               | 2218               | 2973,86         | 46,5%  |
| 15   | 7,717 | 10,11 | 5,2  | 0,19  | 0,028  | 0,49 | 3,25       | 195,2      | 112,2 | 2295        | 2342        | 2390               | 2812               | 3770,84         | 58,9%  |
| 15,5 | 7,974 | 10,45 | 5,37 | 0,19  | 0,0282 | 0,49 | 3,36       | 201,7      | 120,7 | 2551        | 2603        | 2656               | 3125               | 4190,35         | 65,5%  |
| 16   | 8,231 | 10,78 | 5,55 | 0,195 | 0,0289 | 0,48 | 3,54       | 212,6      | 137,3 | 3059        | 3121        | 3185               | 3747               | 5024,91         | 78,5%  |
| 16,5 | 8,488 | 11,12 | 5,72 | 0,195 | 0,029  | 0,48 | 3,65       | 219,2      | 146,6 | 3366        | 3435        | 3505               | 4124               | 5529,94         | 86,4%  |
| 17   | 8,745 | 11,46 | 5,89 | 0,2   | 0,0295 | 0,47 | 3,84       | 230,7      | 165,1 | 3989        | 4071        | 4154               | 4887               | 6553,45         | 102,4% |
| 17,5 | 9,003 | 11,8  | 6,07 | 0,205 | 0,03   | 0,46 | 4,04       | 242,6      | 185,7 | 4721        | 4817        | 4915               | 5783               | 7754,55         | 121,2% |

Grafik 4.8 *Engine Propeller Matching* (Vs – BHP)



Pada grafik 4.8 dapat diketahui besar daya engine seiring dengan kenaikan kecepatan kapal, semakin tinggi kecepatan kapal maka akan semakin tinggi daya engine yang dibutuhkan. Diketahui bahwa pada kecepatan kapal yang di desain sebesar 17,5 knot pada kondisi *clean hull* membutuhkan daya engine sebesar 6552,05 HP sedangkan pada kondisi servis membutuhkan daya sebesar 7754,55 HP. Daya *engine* yang terinstall pada kapal sebesar 6400 HP. Peningkatan nilai tersebut akibat adanya tahanan tambahan kapal akibat adanya tambahan *propeller* pada kapal sehingga dapat meningkatkan kebutuhan daya dari *engine*.

#### 4.10 *Engine Propeller Matching* (Lambung Kapal dengan *Single Propeller Diam*)

##### 4.10.2 Perhitungan Nilai *wake fraction* dan *thrust deduction factor*

Perhitungan nilai *wake fraction* dan *thrust deduction factor* pada perencanaan ini menggunakan tipe *twin screw propeller* maka nilai *wake fraction* dan *thrust deduction factor* adalah :

- Menghitung *Wake Fraction* (w) [1]  

$$W = 0,7 \times C_p - 0,3 + 0,3 \times (0,4 - a/b)$$

$$= 0,7 \times 0,652 - 0,3 + 0,3 \times (0,4 - 6,62/17,2)$$

$$= 0,1609$$
- Menghitung *Thrust Deduction Factor* (t) [1]  

$$t = \text{thrust deduction factor}$$

$$= 0,5 \times C_p - 0,19$$

$$= 0,5 \times 0,652 - 0,19$$

$$= 0,136$$

#### 4.10.2 Perhitungan Koefisien $\alpha$ dan $\beta$

Dalam perhitungan *engine propeller matching* ini menggunakan metode varisai kecepatan, sehingga tahanan disetiap kecepatan memiliki nilai yang berbeda. Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$  :

- Rumus untuk menghitung koefisien  $\alpha$  [1]

$$\alpha = \frac{R_T}{V_S^2}$$

- Rumus untuk menghitung koefisien  $\beta$  [1]

$$\beta = \frac{\alpha}{\{(1-t)x(1-w)^2x\rho xD^2\}}$$

Berdasarkan rumus untuk menghitung koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$  diatas diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$

| Kecepatan | Rt     | Rt dinas | Clean    |         | Service  |           |
|-----------|--------|----------|----------|---------|----------|-----------|
| knot      | kN     | kN       | $\alpha$ | $\beta$ | $\alpha$ | $\beta$   |
| 0         | 0      | 0        | 0        | 0       | 0        | 0         |
| 5         | 35,68  | 41,032   | 5,39281  | 2,99288 | 6,201735 | 3,4418064 |
| 10        | 81,874 | 94,1551  | 3,09369  | 1,71692 | 3,557742 | 1,9744567 |
| 11        | 93,894 | 107,978  | 2,93213  | 1,62726 | 3,371948 | 1,8713459 |
| 12        | 108,65 | 124,952  | 2,85111  | 1,58229 | 3,278775 | 1,8196373 |
| 13        | 125,74 | 144,603  | 2,81141  | 1,56026 | 3,233122 | 1,7943008 |
| 14        | 149,47 | 171,885  | 2,88147  | 1,59914 | 3,31369  | 1,839014  |
| 15        | 177,94 | 204,629  | 2,98825  | 1,6584  | 3,436486 | 1,9071629 |
| 15,5      | 195,33 | 224,631  | 3,07212  | 1,70495 | 3,532939 | 1,960692  |
| 16        | 224,59 | 258,276  | 3,31495  | 1,83971 | 3,812194 | 2,1156712 |
| 16,5      | 242,37 | 278,724  | 3,36387  | 1,86687 | 3,868455 | 2,1468949 |
| 17        | 133,65 | 307,386  | 3,49477  | 1,93951 | 4,018986 | 2,2304357 |
| 17,5      | 294,48 | 338,646  | 3,63331  | 2,0164  | 4,178311 | 2,3188568 |

#### 4.10.3 Hull Propeller Match

*Hull Propeller Match* ialah membaca interaksi antara lambung kapal dengan *propeller* yang di desain. Dengan membuat hubungan  $K_T - J$  . Dimana nilai J divariasikan antara 0 – 1, dengan kelipatan 0.1 serta untuk nilai  $K_T$  didapat dari persamaan : [1]

$$K_T = \beta \times J^2$$

Berikut adalah hasil perhitungan  $K_T$  dalam variasi J pada pada kondisi *rough hull* dan *clean hull* :

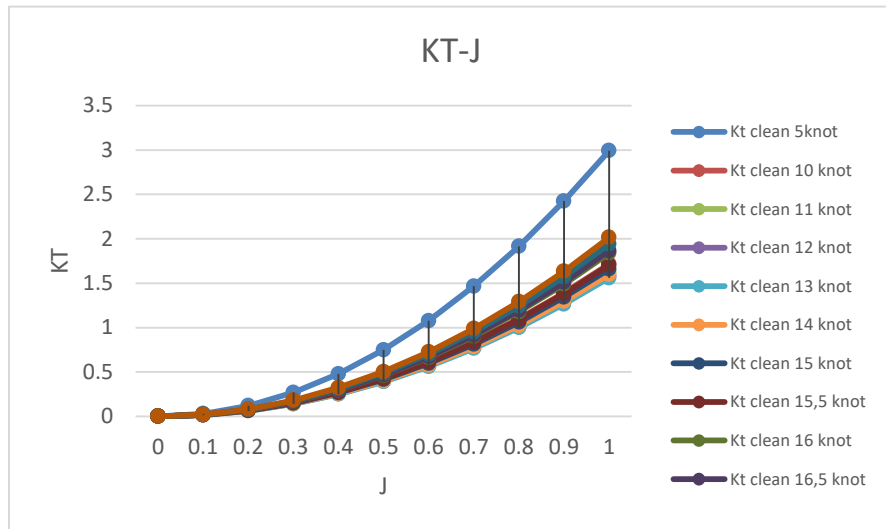
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan KT-J Kondisi *Clean Hull* dan *Rough Hull*

| J   | 5 knot   |            | 10 knot  |            | 11 knot  |            | 12 knot  |            | 13 knot  |            | 14 knot  |            |
|-----|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
|     | Kt clean | Kt service | Kt clean | Kt service | Kt clean | Kt service | Kt clean | Kt service | Kt clean | Kt service | Kt clean | Kt service |
| 0   | 0        | 0          | 0        | 0          | 0        | 0          | 0        | 0          | 0        | 0          | 0        | 0          |
| 0,1 | 0,030    | 0,034      | 0,017    | 0,020      | 0,0163   | 0,019      | 0,016    | 0,018      | 0,016    | 0,018      | 0,016    | 0,018      |
| 0,2 | 0,120    | 0,138      | 0,069    | 0,079      | 0,0651   | 0,075      | 0,063    | 0,073      | 0,062    | 0,072      | 0,064    | 0,074      |
| 0,3 | 0,269    | 0,310      | 0,155    | 0,178      | 0,1465   | 0,168      | 0,142    | 0,164      | 0,140    | 0,161      | 0,144    | 0,166      |
| 0,4 | 0,479    | 0,551      | 0,275    | 0,316      | 0,2604   | 0,299      | 0,253    | 0,291      | 0,250    | 0,287      | 0,256    | 0,294      |
| 0,5 | 0,748    | 0,860      | 0,429    | 0,494      | 0,4068   | 0,468      | 0,396    | 0,455      | 0,390    | 0,449      | 0,400    | 0,460      |
| 0,6 | 1,077    | 1,239      | 0,618    | 0,711      | 0,5858   | 0,674      | 0,570    | 0,655      | 0,562    | 0,646      | 0,576    | 0,662      |
| 0,7 | 1,467    | 1,686      | 0,841    | 0,967      | 0,7974   | 0,917      | 0,775    | 0,892      | 0,765    | 0,879      | 0,784    | 0,901      |
| 0,8 | 1,915    | 2,203      | 1,099    | 1,264      | 1,0414   | 1,198      | 1,013    | 1,165      | 0,999    | 1,148      | 1,023    | 1,177      |
| 0,9 | 2,424    | 2,788      | 1,391    | 1,599      | 1,3181   | 1,516      | 1,282    | 1,474      | 1,264    | 1,453      | 1,295    | 1,490      |
| 1   | 2,993    | 3,442      | 1,717    | 1,974      | 1,6273   | 1,871      | 1,582    | 1,820      | 1,560    | 1,794      | 1,599    | 1,839      |

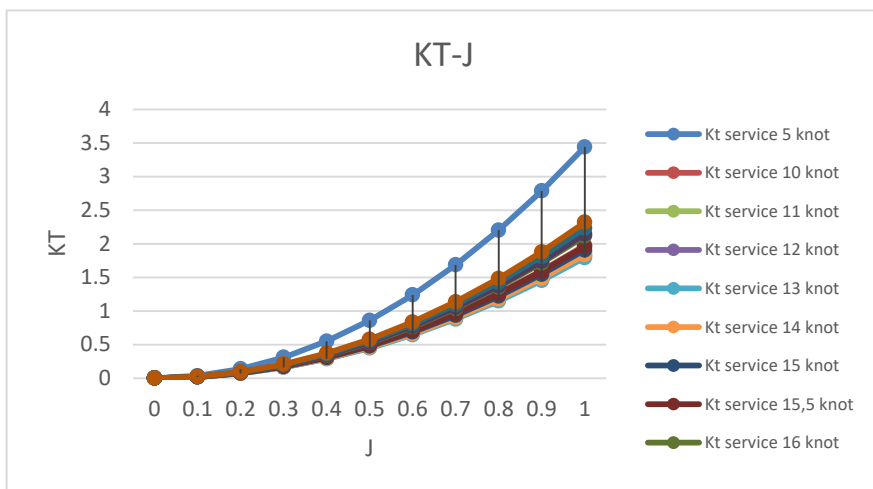
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan KT-J Kondisi *Clean Hull* dan *Rough Hull*  
(lanjutan)

| J   | 15 knot  |            | 15,5 knot |            | 16 knot  |            | 16,5 knot |            | 17 knot  |            | 17,5 knot |            |
|-----|----------|------------|-----------|------------|----------|------------|-----------|------------|----------|------------|-----------|------------|
|     | Kt clean | Kt service | Kt clean  | Kt service | Kt clean | Kt service | Kt clean  | Kt service | Kt clean | Kt service | Kt clean  | Kt service |
| 0   | 0        | 0          | 0         | 0          | 0        | 0          | 0         | 0          | 0        | 0          | 0         | 0          |
| 0,1 | 0,017    | 0,019      | 0,017     | 0,020      | 0,018    | 0,021      | 0,019     | 0,021      | 0,019    | 0,022      | 0,020     | 0,023      |
| 0,2 | 0,066    | 0,076      | 0,068     | 0,078      | 0,074    | 0,085      | 0,075     | 0,086      | 0,078    | 0,089      | 0,081     | 0,093      |
| 0,3 | 0,149    | 0,172      | 0,153     | 0,176      | 0,166    | 0,190      | 0,168     | 0,193      | 0,175    | 0,201      | 0,181     | 0,209      |
| 0,4 | 0,265    | 0,305      | 0,273     | 0,314      | 0,294    | 0,339      | 0,299     | 0,344      | 0,310    | 0,357      | 0,323     | 0,371      |
| 0,5 | 0,415    | 0,477      | 0,426     | 0,490      | 0,460    | 0,529      | 0,467     | 0,537      | 0,485    | 0,558      | 0,504     | 0,580      |
| 0,6 | 0,597    | 0,687      | 0,614     | 0,706      | 0,662    | 0,762      | 0,672     | 0,773      | 0,698    | 0,803      | 0,726     | 0,835      |
| 0,7 | 0,813    | 0,935      | 0,835     | 0,961      | 0,901    | 1,037      | 0,915     | 1,052      | 0,950    | 1,093      | 0,988     | 1,136      |
| 0,8 | 1,061    | 1,221      | 1,091     | 1,255      | 1,177    | 1,354      | 1,195     | 1,374      | 1,241    | 1,427      | 1,290     | 1,484      |
| 0,9 | 1,343    | 1,545      | 1,381     | 1,588      | 1,490    | 1,714      | 1,512     | 1,739      | 1,571    | 1,807      | 1,633     | 1,878      |
| 1   | 1,658    | 1,907      | 1,705     | 1,961      | 1,840    | 2,116      | 1,867     | 2,147      | 1,940    | 2,230      | 2,016     | 2,319      |

Grafik 4.9 KT-J Hull Diagram



Grafik 4.10 KT-J Hull Diagram



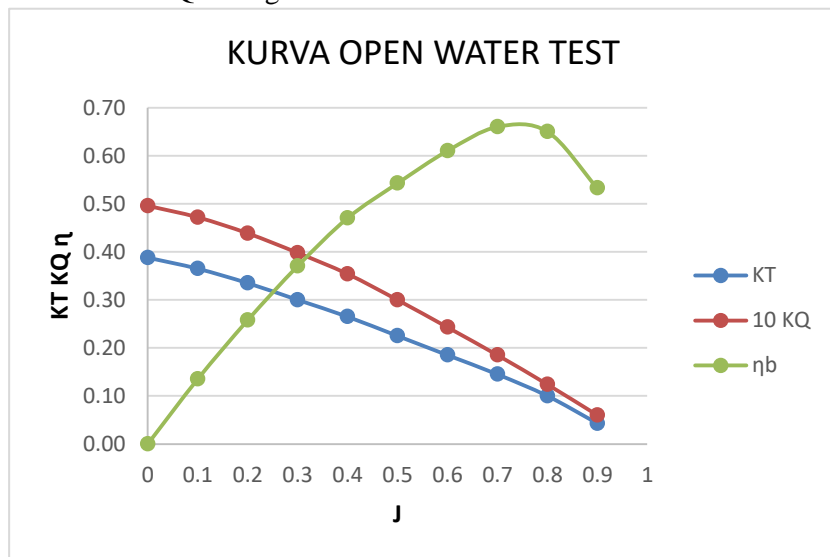
#### 4.10.4 Membuat Grafik *Propeller Open Water Test KQ KT J*

Pada langkah ini, dibutuhkan grafik *open water test* sesuai dengan *type propeller* yang digunakan untuk mencari nilai KT KQ J dengan berpatokan nilai P/D pada *type propeller* yang telah ditetapkan. Dari pengeplotan grafik KT KQ J pada *propeller type* B5-90, dengan pengeplotan nilai P/D 0,826 sehingga dari pengeplotan grafik tersebut didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.16 KT-KQ-J

| B5 – 90 |       |        |          |
|---------|-------|--------|----------|
| P/Db    | 0,826 |        |          |
| J       | KT    | 10 KQ  | $\eta_b$ |
| 0       | 0,388 | 0,4960 | 0        |
| 0,1     | 0,365 | 0,4720 | 0,1351   |
| 0,2     | 0,335 | 0,4387 | 0,2577   |
| 0,3     | 0,300 | 0,3980 | 0,3703   |
| 0,4     | 0,265 | 0,3540 | 0,4703   |
| 0,5     | 0,225 | 0,2999 | 0,5428   |
| 0,6     | 0,185 | 0,2430 | 0,6103   |
| 0,7     | 0,145 | 0,1850 | 0,6603   |
| 0,8     | 0,100 | 0,1240 | 0,6503   |
| 0,9     | 0,043 | 0,060  | 0,5328   |
| 1       | 0     | 0      | 0        |

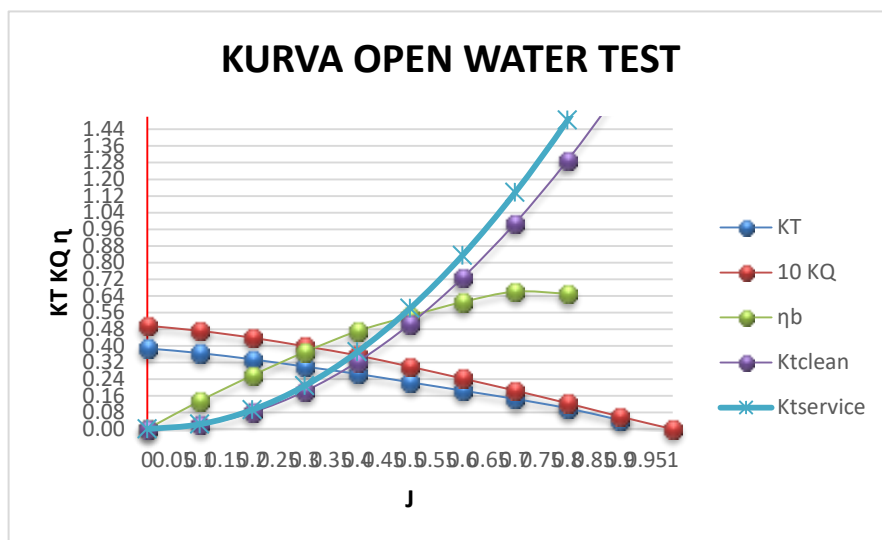
Grafik 4.11 KT-KQ-J Diagram



#### 4.10.5 Pembacaan Grafik *Open Water Test*

Dari dua grafik diatas yaitu grafik KT-J dan grafik *open water test* digabungkan dalam satu grafik untuk mendapatkan nilai KT KQ J dan  $\eta$ , sehingga dari penggabungan grafik tersebut didapatkan grafik sebagai berikut:

Grafik 4.12 *Open Water Test Diagram* Kec 17,5 knot



Dari grafik di atas didapatkan beberapa nilai koefisien KT, 10KQ J yang disajikan pada table dibawah ini.

Tabel 4.17 Hasil Pembacaan grafik nilai KT KQ J

| No | Kecepatan | Clean |        |      | Service |        |      |
|----|-----------|-------|--------|------|---------|--------|------|
|    | knot      | KT    | KQ     | J    | KT      | KQ     | J    |
| 1  | 0         | 0     | 0      | 0    | 0       | 0      | 0    |
| 2  | 5         | 0,295 | 0,0391 | 0,32 | 0,3     | 0,04   | 0,30 |
| 3  | 10        | 0,27  | 0,036  | 0,40 | 0,275   | 0,0368 | 0,38 |
| 4  | 11        | 0,265 | 0,0352 | 0,4  | 0,272   | 0,0362 | 0,38 |
| 5  | 12        | 0,261 | 0,035  | 0,41 | 0,27    | 0,036  | 0,38 |
| 6  | 13        | 0,26  | 0,035  | 0,41 | 0,27    | 0,036  | 0,38 |
| 7  | 14        | 0,263 | 0,035  | 0,4  | 0,271   | 0,0361 | 0,38 |
| 8  | 15        | 0,268 | 0,0355 | 0,40 | 0,275   | 0,0367 | 0,37 |
| 9  | 15,5      | 0,269 | 0,0358 | 0,4  | 0,277   | 0,0368 | 0,37 |
| 10 | 16        | 0,27  | 0,0361 | 0,38 | 0,28    | 0,0371 | 0,36 |
| 11 | 16,5      | 0,27  | 0,0362 | 0,38 | 0,28    | 0,0372 | 0,36 |
| 12 | 17        | 0,275 | 0,0368 | 0,38 | 0,28    | 0,0375 | 0,36 |
| 13 | 17,5      | 0,278 | 0,037  | 0,37 | 0,282   | 0,038  | 0,35 |



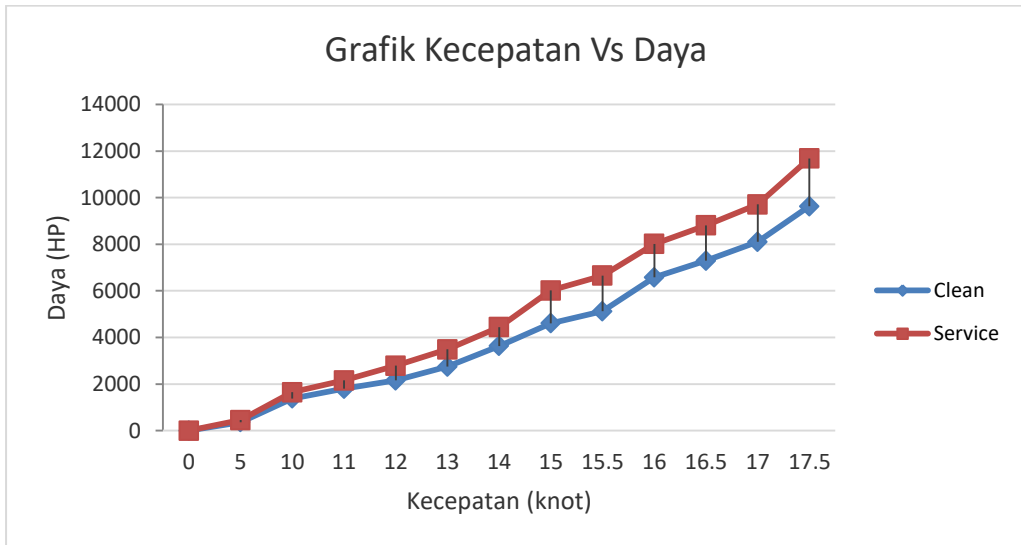
Tabel 4.18 Hasil *Engine Propeller Matching* Kondisi *Clean Hull*

| Vs   |       | Va    |      | Kt    | KQ     | J    | Propeller  |            | Q(Nm) | DHP<br>(kW) | SHP<br>(kW) | BHP<br>scr<br>(kW) | BHP<br>mcr<br>(kW) | BHP mcr<br>(HP) | % BHP  |
|------|-------|-------|------|-------|--------|------|------------|------------|-------|-------------|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------|
| Knot | m/s   | Knot  | m/s  |       |        |      | n<br>(rps) | n<br>(rpm) |       |             |             |                    |                    |                 |        |
| 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0    | 0          | 0          | 0     | 0           | 0           | 0                  | 0                  | 0               | 0,0%   |
| 5    | 2,572 | 4,196 | 2,16 | 0,295 | 0,0391 | 0,32 | 3,97       | 238,1      | 8,957 | 223,4       | 227,9       | 232,6              | 273,6              | 366,96          | 15,5%  |
| 10   | 5,144 | 8,391 | 4,32 | 0,27  | 0,036  | 0,40 | 6,35       | 380,9      | 21,11 | 842,5       | 859,6       | 877,2              | 1032               | 1383,9          | 58,4%  |
| 11   | 5,659 | 9,23  | 4,75 | 0,265 | 0,0352 | 0,4  | 6,98       | 419        | 24,98 | 1096        | 1119        | 1142               | 1343               | 1801,1          | 76,1%  |
| 12   | 6,173 | 10,07 | 5,18 | 0,261 | 0,035  | 0,41 | 7,43       | 445,9      | 28,13 | 1314        | 1341        | 1368               | 1610               | 2159            | 91,2%  |
| 13   | 6,688 | 10,91 | 5,61 | 0,26  | 0,035  | 0,41 | 8,05       | 483,1      | 33,02 | 1671        | 1705        | 1740               | 2047               | 2744,9          | 115,9% |
| 14   | 7,202 | 11,75 | 6,04 | 0,263 | 0,035  | 0,4  | 8,84       | 530,6      | 39,83 | 2214        | 2259        | 2305               | 2712               | 3637,1          | 153,6% |
| 15   | 7,717 | 12,59 | 6,47 | 0,268 | 0,0355 | 0,40 | 9,52       | 571,3      | 46,84 | 2804        | 2861        | 2919               | 3435               | 4605,8          | 194,5% |
| 15,5 | 7,974 | 13,01 | 6,69 | 0,269 | 0,0358 | 0,4  | 9,84       | 590,4      | 50,44 | 3120        | 3183        | 3248               | 3822               | 5124,9          | 216,4% |
| 16   | 8,231 | 13,43 | 6,91 | 0,27  | 0,0361 | 0,38 | 10,7       | 639,8      | 59,74 | 4004        | 4086        | 4169               | 4905               | 6577,8          | 277,7% |
| 16,5 | 8,488 | 13,85 | 7,12 | 0,27  | 0,0362 | 0,38 | 11         | 661,5      | 64,04 | 4438        | 4529        | 4621               | 5437               | 7291,1          | 307,9% |
| 17   | 8,745 | 14,26 | 7,34 | 0,275 | 0,0368 | 0,38 | 11,4       | 681,6      | 69,11 | 4935        | 5035        | 5138               | 6045               | 8106,4          | 342,3% |
| 17,5 | 9,003 | 14,68 | 7,55 | 0,278 | 0,037  | 0,37 | 12         | 720,6      | 77,67 | 5863        | 5983        | 6105               | 7182               | 9631,6          | 406,7% |

Tabel 4.19 Hasil *Engine Propeller Matching* Kondisi *Service*

| Vs   |       | Va    |      | Kt    | KQ     | J    | Propeller  |            | Q(Nm) | DHP<br>(kW) | SHP<br>(kW) | BHP<br>scr<br>(kW) | BHP<br>mcr<br>(kW) | BHP mcr<br>(HP) | % BHP  |
|------|-------|-------|------|-------|--------|------|------------|------------|-------|-------------|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------|
| Knot | m/s   | Knot  | m/s  |       |        |      | n<br>(rps) | n<br>(rpm) |       |             |             |                    |                    |                 |        |
| 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0      | 0    | 0          | 0          | 0     | 0           | 0           | 0                  | 0                  | 0               | 0,0%   |
| 5    | 2,572 | 4,196 | 2,16 | 0,3   | 0,04   | 0,30 | 4,23       | 253,9      | 10,43 | 277,3       | 283         | 288,8              | 339,7              | 455,61          | 19,2%  |
| 10   | 5,144 | 8,391 | 4,32 | 0,275 | 0,0368 | 0,38 | 6,68       | 400,9      | 23,91 | 1004        | 1025        | 1046               | 1230               | 1650            | 69,7%  |
| 11   | 5,659 | 9,23  | 4,75 | 0,272 | 0,0362 | 0,38 | 7,35       | 441        | 28,46 | 1315        | 1342        | 1369               | 1611               | 2160,3          | 91,2%  |
| 12   | 6,173 | 10,07 | 5,18 | 0,27  | 0,036  | 0,38 | 8,02       | 481,1      | 33,69 | 1698        | 1733        | 1768               | 2080               | 2789,2          | 117,8% |
| 13   | 6,688 | 10,91 | 5,61 | 0,27  | 0,036  | 0,38 | 8,64       | 518,5      | 39,12 | 2125        | 2168        | 2213               | 2603               | 3490,8          | 147,4% |
| 14   | 7,202 | 11,75 | 6,04 | 0,271 | 0,0361 | 0,38 | 9,36       | 561,3      | 45,98 | 2704        | 2759        | 2815               | 3312               | 4441,5          | 187,5% |
| 15   | 7,717 | 12,59 | 6,47 | 0,275 | 0,0367 | 0,37 | 10,3       | 617,6      | 56,6  | 3662        | 3737        | 3813               | 4486               | 6016,2          | 254,0% |
| 15,5 | 7,974 | 13,01 | 6,69 | 0,277 | 0,0368 | 0,37 | 10,6       | 638,2      | 60,6  | 4052        | 4135        | 4219               | 4964               | 6656,2          | 281,1% |
| 16   | 8,231 | 13,43 | 6,91 | 0,28  | 0,0371 | 0,36 | 11,3       | 677,1      | 68,77 | 4878        | 4978        | 5079               | 5976               | 8013,3          | 338,4% |
| 16,5 | 8,488 | 13,85 | 7,12 | 0,28  | 0,0372 | 0,36 | 11,6       | 698,3      | 73,33 | 5364        | 5474        | 5585               | 6571               | 8812            | 372,1% |
| 17   | 8,745 | 14,26 | 7,34 | 0,28  | 0,0375 | 0,36 | 12         | 719,4      | 78,47 | 5914        | 6035        | 6158               | 7245               | 9715,3          | 410,2% |
| 17,5 | 9,003 | 14,68 | 7,55 | 0,282 | 0,038  | 0,35 | 12,7       | 761,8      | 89,14 | 7114        | 7259        | 7407               | 8715               | 11686           | 493,5% |

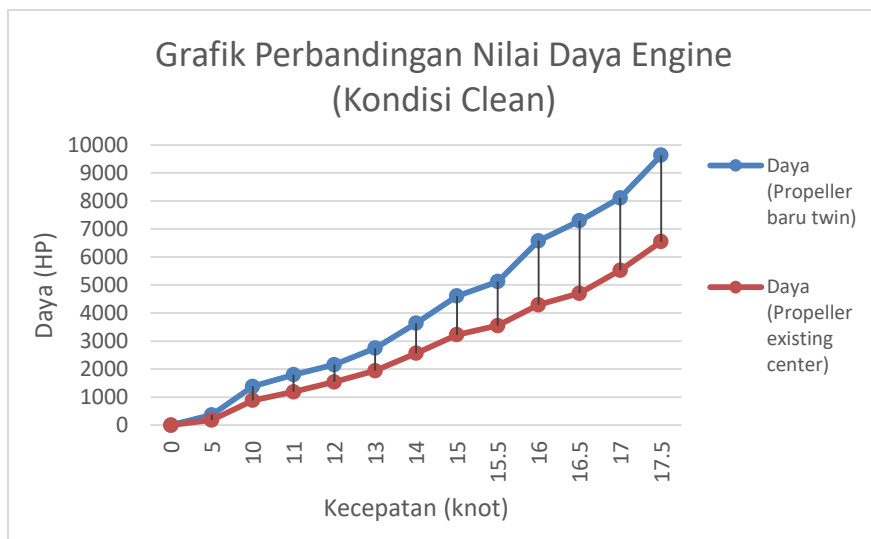
Grafik 4.13 *Engine Propeller Matching (Vs – BHP)*



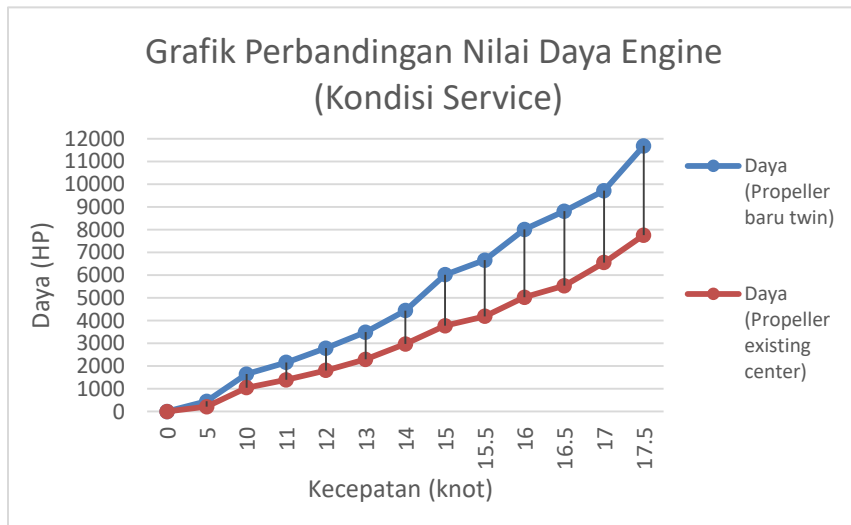
Pada grafik 4.13 dapat diketahui besar daya *engine* seiring dengan kenaikan kecepatan kapal. Diketahui bahwa pada kecepatan kapal yang di desain sebesar 10 knot pada kondisi *clean hull* membutuhkan daya *engine* sebesar 1383,9 HP sedangkan pada kondisi *service* membutuhkan daya sebesar 1650 HP. Daya *engine* yang terinstall pada kapal sebesar 2x1200 HP. Daya yang dibutuhkan oleh *engine* dengan daya *engine* yang terinstall di kapal memiliki selisih yang jauh. Sehingga dengan daya yang terinstall sebesar 2x1200 HP mampu memberikan kecepatan kapal sebesar 12 knot pada kondisi *clean* dan 11 knot pada kondisi *service*.

#### 4.11 Analisa Kebutuhan Daya *Engine*

Grafik 4.14 Perbandingan Nilai Daya *Engine* (Kondisi *Clean*)



Grafik 4.15 Perbandingan Nilai Daya *Engine* (Kondisi *Service*)



Pada grafik 4.14 dan 4.15 merupakan grafik perbandingan antara dua kondisi. Dapat diketahui bahwa kebutuhan daya *engine* pada kecepatan 10 knot pada kondisi *clean*, kebutuhan daya pada *Engine* baru (*twin*) sebesar 1383,9 HP sedangkan pada *Propeller Existing (center)* kebutuhan daya *engine* sebesar 884,77 HP. Pada kondisi *service*, kebutuhan daya pada *Engine* baru (*twin*) sebesar 1650 HP sedangkan pada *Propeller Existing (center)* kebutuhan daya *engine* sebesar 1047,8 HP.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB V**

### **Kesimpulan dan Saran**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil simulasi dan analisa data yang telah dilakukan, maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Pada kecepatan max 17,5 knot pada model kapal tanpa adanya *propeller* memiliki nilai tahanan sebesar 238,472 kN, dibandingkan dengan model kapal dengan adanya tambahan *twin propeller* diam sebagai tahanan tambahan memiliki nilai tahanan sebesar 266,866 kN, selisih nilai tahanan kapal sebesar 11,9 %.
2. Pada kecepatan max 10 knot pada model kapal tanpa adanya *propeller* memiliki nilai tahanan sebesar 51,63 kN, dibandingkan dengan model kapal dengan adanya tambahan *single propeller* diam sebagai tahanan tambahan memiliki nilai tahanan sebesar 81,87 kN, selisih nilai tahanan kapal sebesar 23,4 %.
3. Adanya tambahan *propeller* diam sebagai tahanan tambahan pada kapal, *speed* yang dapat dicapai dengan adanya *twin propeller* diam adalah 16,5 knot, terjadi penurunan sebesar 5,71 % dari *speed* max awal 17,5 knot.
4. Adanya tambahan *propeller* diam sebagai tahanan tambahan pada kapal, *speed* yang dapat dicapai dengan adanya *single propeller* diam adalah 11 knot, terjadi kenaikan sebesar 10 % dari perencanaan *speed* awal 10 knot. Hal ini dikarenakan daya yang diberikan oleh *main engine* baru (*twin*) terlalu besar sebesar 2 x 1200 HP, sedangkan kebutuhan daya *engine* baru (*twin*) dengan tahanan total kapal sebesar 81,87 kN pada perencanaan kecepatan 10 knot sebesar 1649,457 HP.

#### **5.2 Saran**

Adapun penelitian ini tidak lepas dari kesalahan-kesalahan, oleh karena itu berikut saran untuk penelitian mengenai dimple ini:

1. Penelitian yang telah dilakukan ini perlu dilakukan pengujian langsung pada towing tank agar mendapatkan hasil yang lebih baik.
2. Perlu dilakukan simulasi dengan menggunakan software yang berbeda untuk membandingkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan.
3. Menambah banyaknya iterasi pada saat melakukan simulasi dengan menggunakan software agar mendapatkan hasil yang lebih valid serta menggunakan PC dengan kemampuan lebih baik sehingga fenomena aliran di bagian buritan kapal dapat dilihat dengan lebih jelas.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

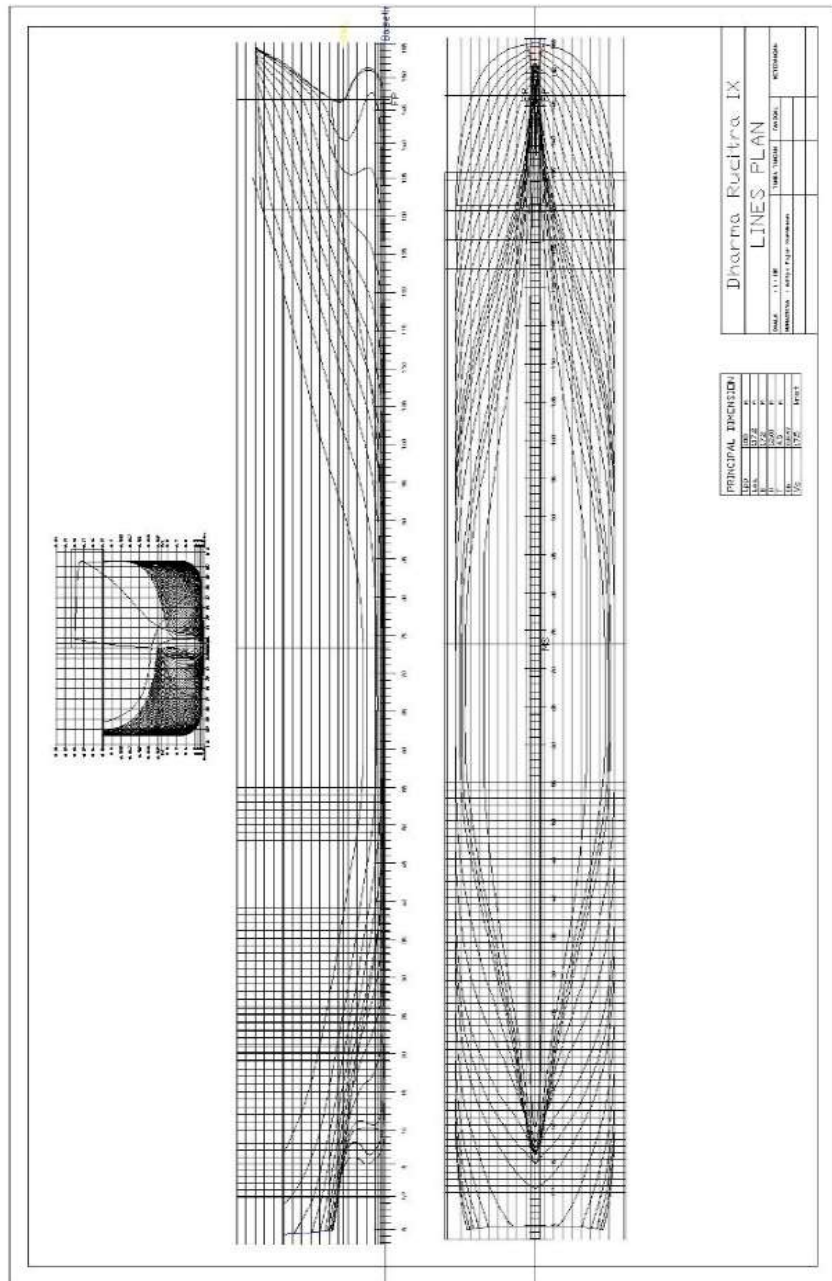
- [1] Adjie, S.W, (2005). *Engine-Propeller Matching*. FTK-ITS. Surabaya.
- [2] Anggarda, (2011), *Kajian Teknis Sistem propulsi Untuk kapal Perang Missile Boat Dengan kecepatan 70 Knots*, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Apriansyah, (2011). *Analisis Sistem Propulsi Kapal Cepat Dolpin*. Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- [4] de Barros, E.A. ,Dantas, J.L.D. 2011. Effect of a propeller duct on AUV maneuverability. *Ocean Engineering Journal*. Volume 42 : 61-70
- [5] Harvald Sv. Aa. (1992), *Tahanan dan Propulsi Kapal, Terjemahan Indonesia oleh : Sutomo Jusuf.*, Airlangga University Press, Surabaya.
- [6] Johan Airman Surya, (2009). *Studi Perancangan Sistem Propulsi dan Optimasi Hull pada kapal Militer Fast LST (Landing Ship Tank)* Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Numeca International [2014], *Numeca Fine Open Manual Book*, Belgium.
- [8] Roynando, Ketut Aria, Murdijanto, (2009) *Analisa Hambatan*, Teknik Perkapalan, Surabaya.
- [9] Van Lammeren, *Resistance, Propulsion, and Steering of Ship* (1948)
- [10] CFD-Online, <https://www.cfd-online.com/Wiki/>, Diakses pada Agustus 2017
- [11] Yongle, D., Baowei, D. 2015. Numerical investigation of tip clearance effects on the performance of ducted propeller. *International Journal Naval Architecture Ocean Engineering*. Volume 7 : 795-804

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

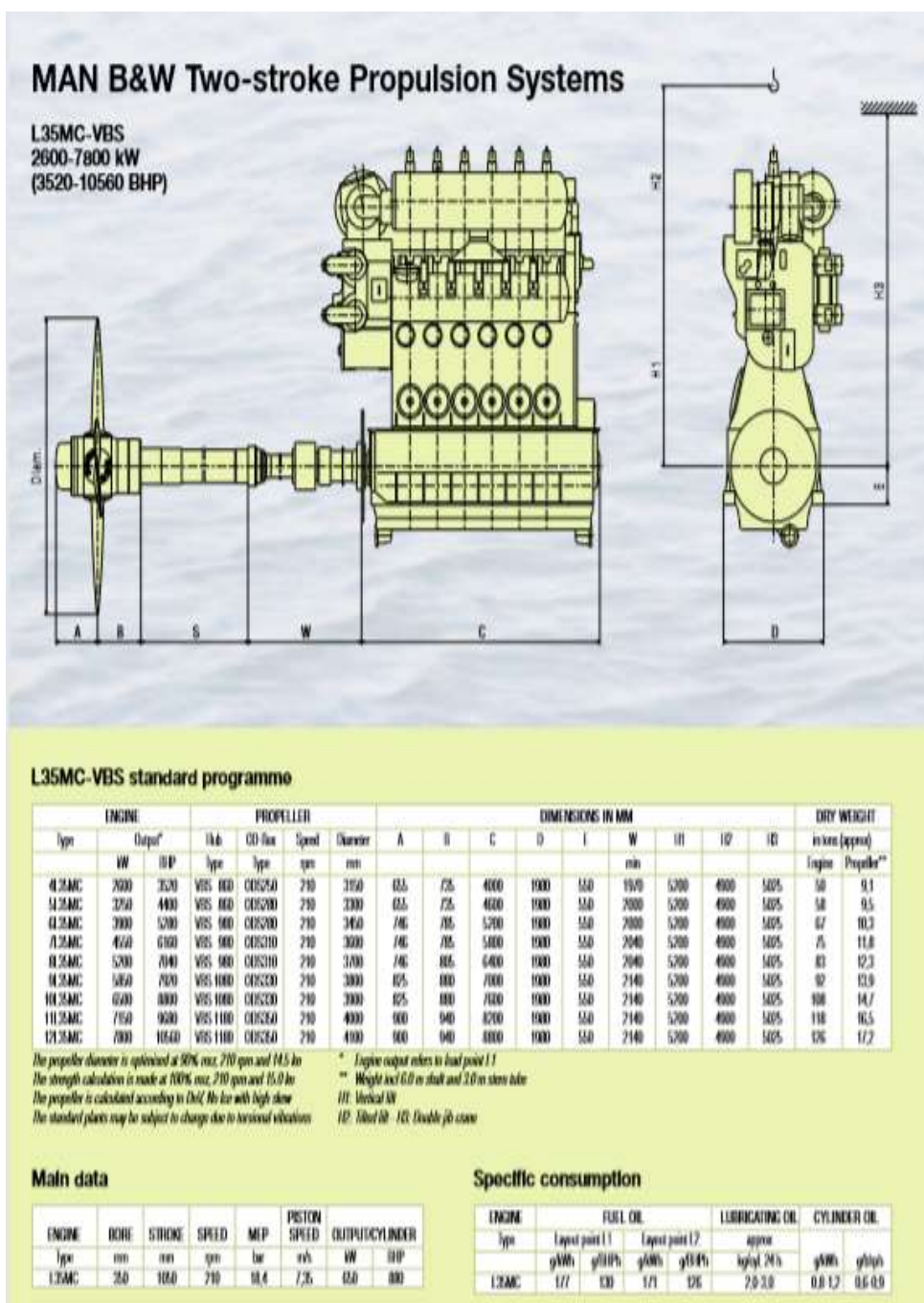


# LAMPIRAN

## Lampiran 1 Lines Plan Kapal



## Lampiran 2 Data Engine Existing



# Lampiran 3 Data Engine Baru (Twin)

Marine propulsion diesel engine [ Bore: 165-330mm ]

## 6N21AW

[ Power ] 662~956kW

### Main Data

- Type : 4-stroke, Diesel    ■ No. of Cylinders : In-line 6    ■ Cylinder Bore : 210 mm
- Piston Stroke : 290 mm    ■ Mean Effective Pressure : 1.65 - 2.24 MPa
- Piston Speed : 7.73 / 8.22 m/s

### Rated Power

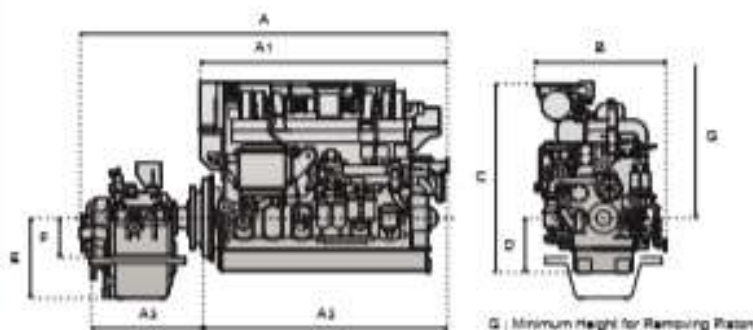
| Engine Model           | 6N21A-DW     | 6N21A-UW      | 6N21A-BW      | 6N21A-EW      |
|------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Continuous Rated Power | 662<br>(900) | 736<br>(1000) | 883<br>(1200) | 956<br>(1300) |
| kW (PS)                |              |               |               |               |
| Rated Engine Speed     | 800          |               | 850           |               |
| min <sup>-1</sup>      |              |               |               |               |
| Engine Dry Weight      | 3000         |               |               |               |
| kg                     |              |               |               |               |

### Standard Marine Gear

| Propeller Type               |          | for F.P.P.             |                        |
|------------------------------|----------|------------------------|------------------------|
| Marine Gear Model            | Offset   | Y-850                  | YX-1000                |
|                              | Co-Axial | YC-850                 | YX-1000C               |
| Reduction Gear Ratio (Ahead) | Offset   | 1.84, 2.07, 2.35, 2.68 | 2.03, 2.36, 2.78, 3.32 |
|                              | Co-Axial | 1.84, 2.07, 2.35, 2.68 | 2.03, 2.36, 2.78, 3.32 |
| Marine Gear Dry Weight       | Offset   | 2050                   | 2400                   |
|                              | Co-Axial | 2150                   | 2585                   |
| kg                           |          |                        |                        |

### Dimensions [ mm ] / Weights [ kg ]

| Engine Model        | Marine Gear | A    | A1   | A2   | A3   | B    | C    | D   | E   | F   | G    | Total Dry Weight with Marine Gear |
|---------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|-----------------------------------|
| 6N21A-DW<br>(662kW) | Y-850       | 3520 | 2776 | 2733 | 1158 | 1420 | 2081 | 601 | 814 | 369 | 1802 | 10128                             |
|                     | YC-850      | 4051 | 2776 | 2733 | 1289 | 1420 | 2081 | 601 | 495 | -   | 1802 | 10228                             |
| 6N21A-UW<br>(736kW) | YX-1000     | 4053 | 2776 | 2733 | 1199 | 1420 | 2081 | 601 | 885 | 435 | 1802 | 10478                             |
|                     | YX-1000C    | 4086 | 2776 | 2733 | 1232 | 1420 | 2081 | 601 | 450 | -   | 1802 | 10643                             |
| 6N21A-BW<br>(883kW) | YX-1000     | 4059 | 2776 | 2733 | 1205 | 1420 | 2081 | 601 | 885 | 435 | 1802 | 10494                             |
|                     | YX-1000C    | 4092 | 2776 | 2733 | 1238 | 1420 | 2081 | 601 | 450 | -   | 1802 | 10659                             |

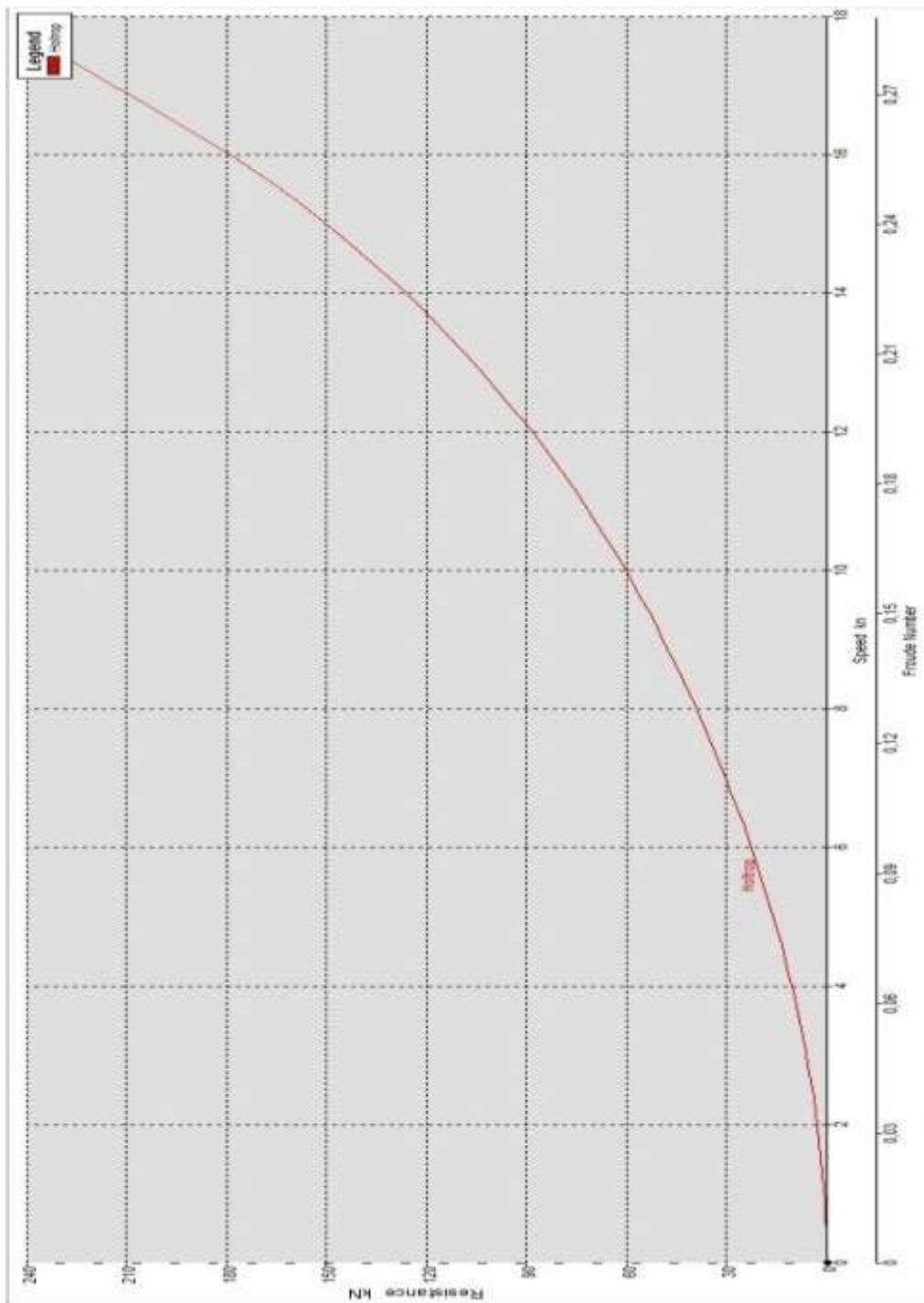


Lampiran 4 Tabel Hasil Nilai Tahanan (Maxurf)

|    | Speed<br>(kn) | Froude No.<br>LWL | Froude No.<br>Vol. | Holtrop<br>Resist.<br>(kN) |
|----|---------------|-------------------|--------------------|----------------------------|
| 1  | 0,000         | 0,000             | 0,000              | —                          |
| 2  | 0,438         | 0,007             | 0,018              | 0,2                        |
| 3  | 0,875         | 0,014             | 0,036              | 0,6                        |
| 4  | 1,313         | 0,021             | 0,054              | 1,3                        |
| 5  | 1,750         | 0,028             | 0,072              | 2,3                        |
| 6  | 2,188         | 0,035             | 0,090              | 3,5                        |
| 7  | 2,625         | 0,042             | 0,108              | 4,9                        |
| 8  | 3,063         | 0,049             | 0,125              | 6,5                        |
| 9  | 3,500         | 0,056             | 0,143              | 8,4                        |
| 10 | 3,938         | 0,063             | 0,161              | 10,4                       |
| 11 | 4,375         | 0,070             | 0,179              | 12,7                       |
| 12 | 4,813         | 0,077             | 0,197              | 15,3                       |
| 13 | 5,250         | 0,084             | 0,215              | 18,0                       |
| 14 | 5,688         | 0,091             | 0,233              | 20,9                       |
| 15 | 6,125         | 0,098             | 0,251              | 24,1                       |
| 16 | 6,563         | 0,105             | 0,269              | 27,4                       |
| 17 | 7,000         | 0,112             | 0,287              | 31,0                       |
| 18 | 7,438         | 0,119             | 0,305              | 34,8                       |
| 19 | 7,875         | 0,126             | 0,323              | 38,8                       |
| 20 | 8,313         | 0,133             | 0,341              | 43,0                       |
| 21 | 8,750         | 0,140             | 0,359              | 47,5                       |
| 22 | 9,188         | 0,147             | 0,376              | 51,2                       |
| 23 | 9,625         | 0,154             | 0,394              | 56,4                       |
| 24 | 10,063        | 0,161             | 0,412              | 58,2                       |
| 25 | 10,500        | 0,168             | 0,430              | 68,1                       |
| 26 | 10,938        | 0,175             | 0,448              | 74,1                       |
| 27 | 11,375        | 0,182             | 0,466              | 80,5                       |
| 28 | 11,813        | 0,189             | 0,484              | 87,3                       |
| 29 | 12,250        | 0,196             | 0,502              | 94,6                       |
| 30 | 12,688        | 0,203             | 0,520              | 102,4                      |
| 31 | 13,125        | 0,210             | 0,538              | 109,8                      |
| 32 | 13,563        | 0,217             | 0,556              | 119,8                      |
| 33 | 14,000        | 0,224             | 0,574              | 126,4                      |
| 34 | 14,438        | 0,231             | 0,592              | 139,6                      |
| 35 | 14,875        | 0,238             | 0,609              | 150,6                      |
| 36 | 15,313        | 0,245             | 0,627              | 162,6                      |
| 37 | 15,750        | 0,252             | 0,645              | 175,8                      |
| 38 | 16,188        | 0,259             | 0,663              | 188,9                      |
| 39 | 16,625        | 0,266             | 0,681              | 203,0                      |
| 40 | 17,063        | 0,273             | 0,699              | 217,2                      |
| 41 | 17,500        | 0,280             | 0,717              | 239,5                      |



# Lampiran 5 Grafik Hasil Nilai Tahanan (Maxurf)



## Lampiran 6 Hasil Validasi Meshing NUMECA Fine Marine

- Hasil validasi elemen meshing (lambung kapal dengan tambahan single propeller)

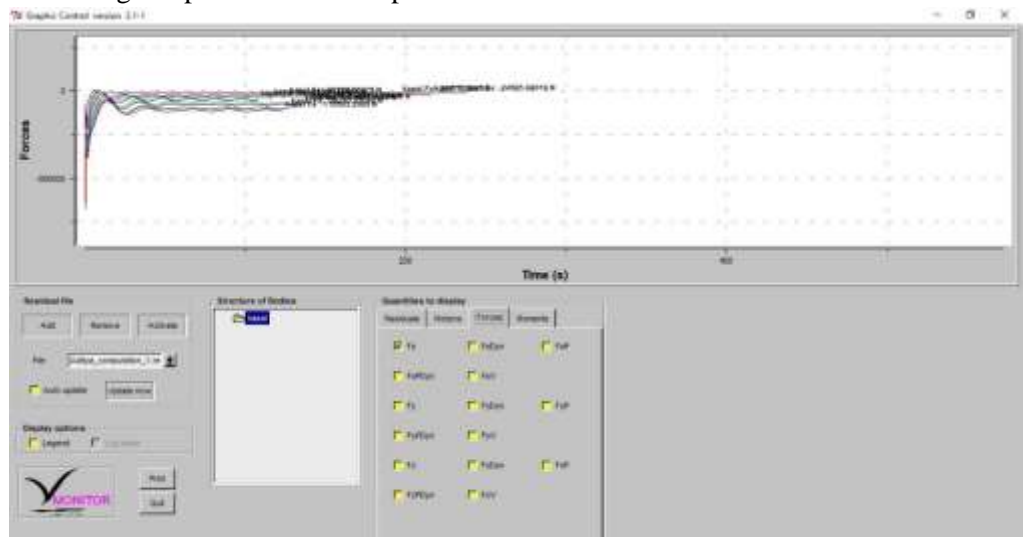
| No | Model       | nb of Cells | nb of Vertices | Force (kN) |
|----|-------------|-------------|----------------|------------|
| 1  | Percobaan 1 | 5351858     | 5587254        | 293,472    |
| 2  | Percobaan 2 | 6661431     | 6948379        | 293,981    |
| 3  | Percobaan 3 | 7102063     | 7406982        | 294,215    |
| 4  | Percobaan 4 | 7542047     | 7864859        | 294,275    |
| 5  | Percobaan 5 | 8045241     | 8391568        | 295,473    |

- Hasil validasi elemen meshing (lambung kapal dengan tambahan twin propeller)

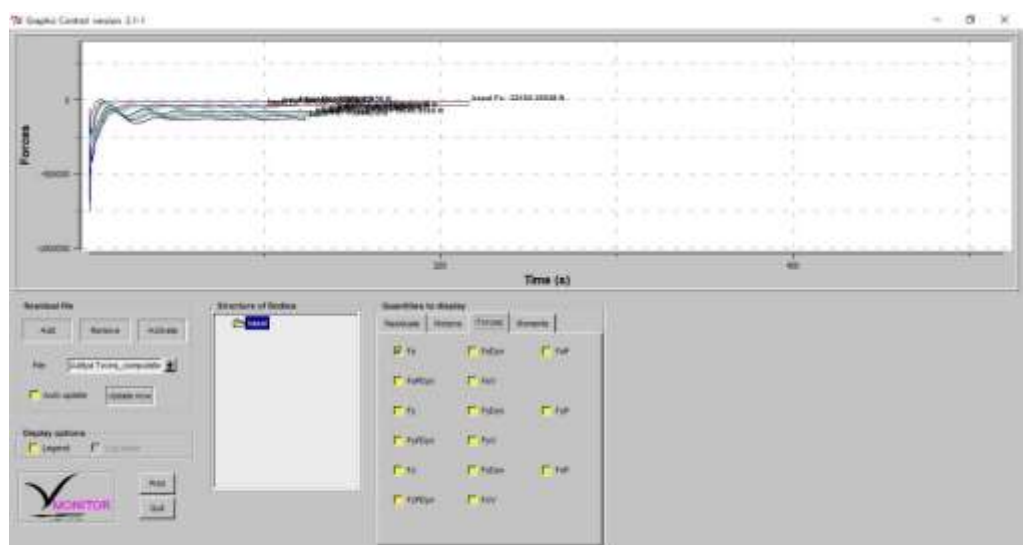
| No | Model       | nb of Cells | nb of Vertices | Force (kN) |
|----|-------------|-------------|----------------|------------|
| 1  | Percobaan 1 | 5536027     | 5776447        | 265,421    |
| 2  | Percobaan 2 | 6657506     | 6936433        | 266,754    |
| 3  | Percobaan 3 | 6908192     | 7193972        | 266,886    |
| 4  | Percobaan 4 | 7392992     | 7688806        | 268,547    |
| 5  | Percobaan 5 | 7854337     | 8123476        | 269,237    |

## Lampiran 7 Hasil Simulasi NUMECA Fine Marine

- Lambung Tanpa Tambahan Propeller



- Lambung Dengan Tambahan Twin Propeller

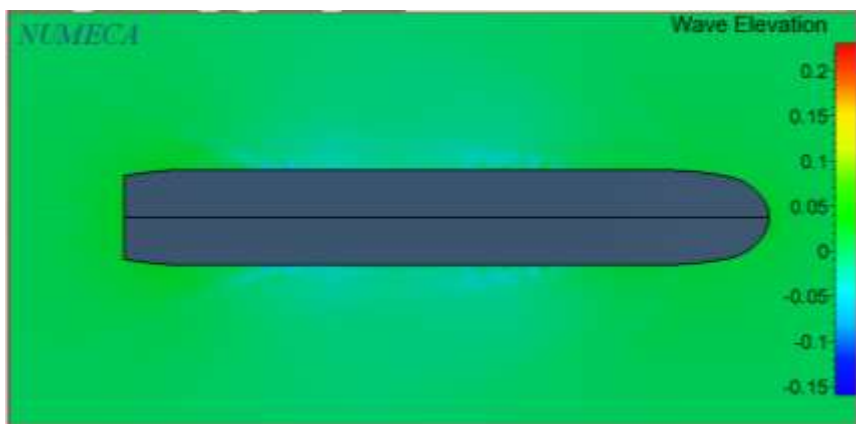




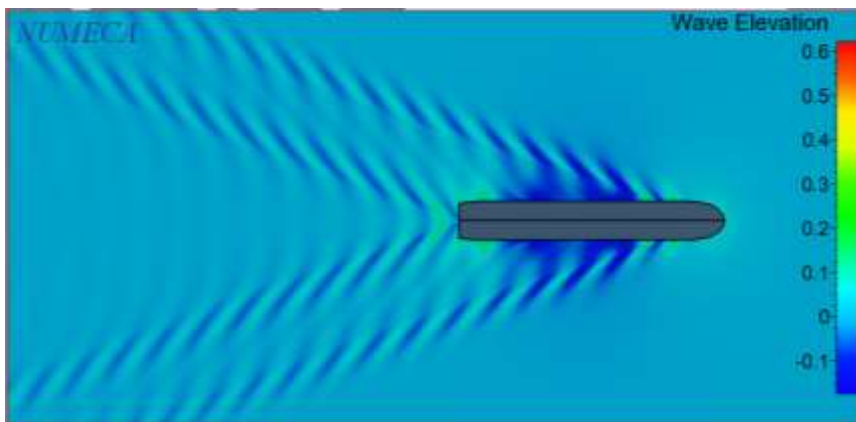


Lampiran 8 Hasil Simulasi Gelombang (NUMECA Fine Marine)

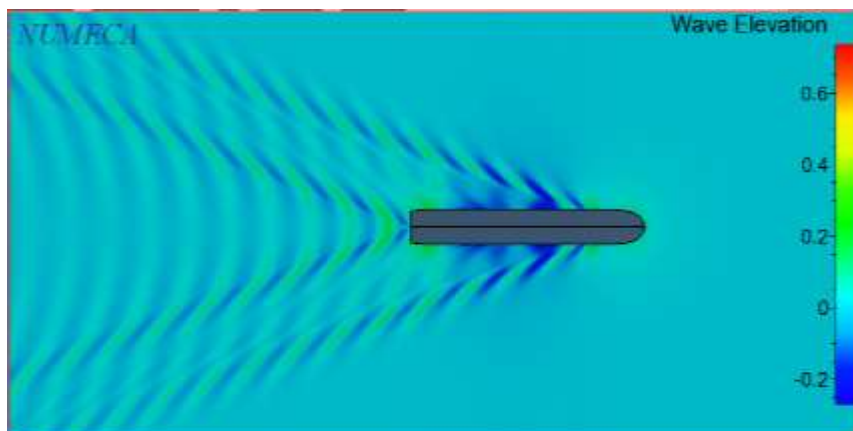
- Lambung Kapal tanpa tambahan propeller
  - $V_s = 5$  knot



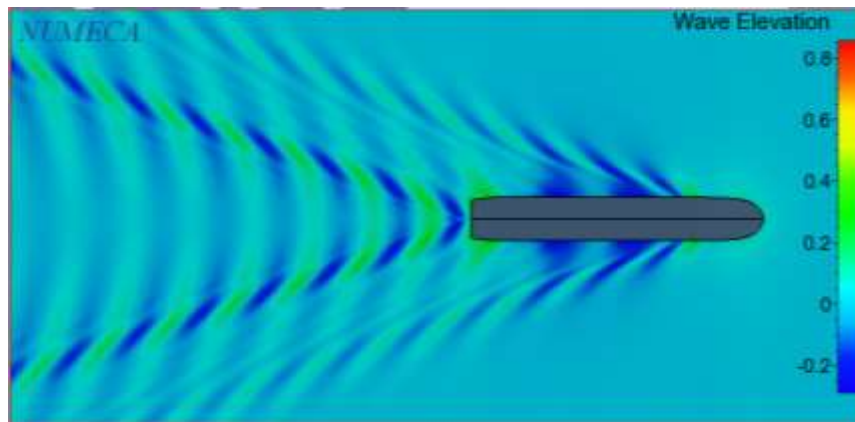
- $V_s = 10$  knot



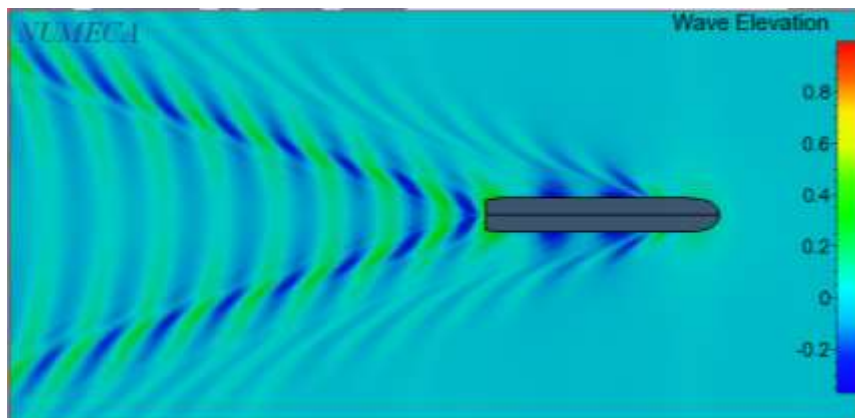
- $V_s = 11$  knot



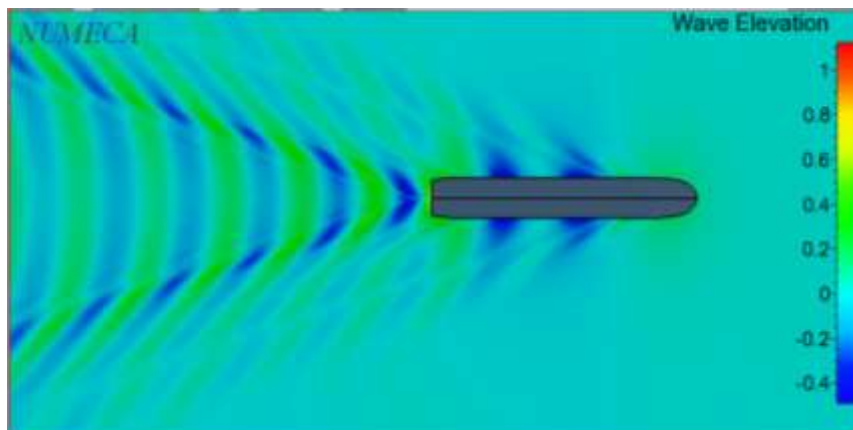
- $V_s = 12$  knot



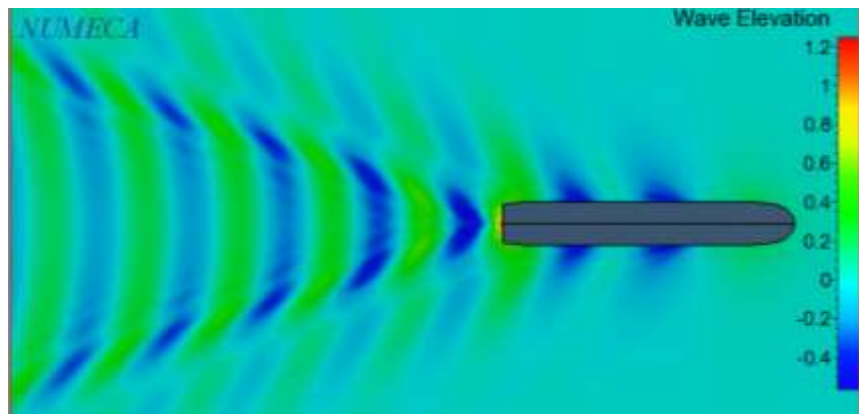
- $V_s = 13$  knot



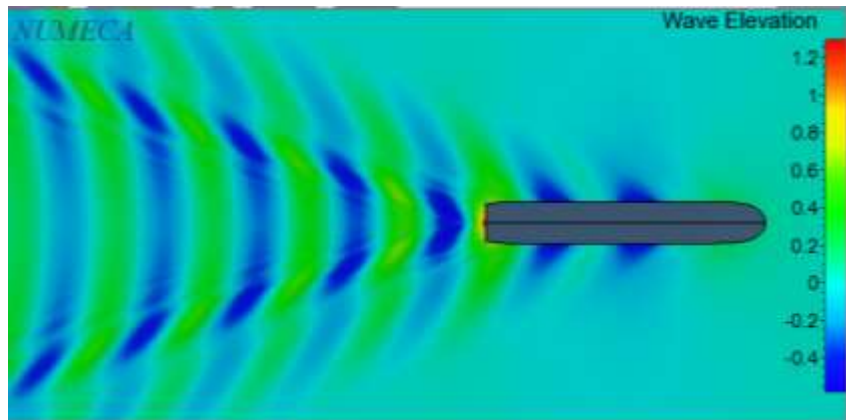
- $V_s = 14$  knot



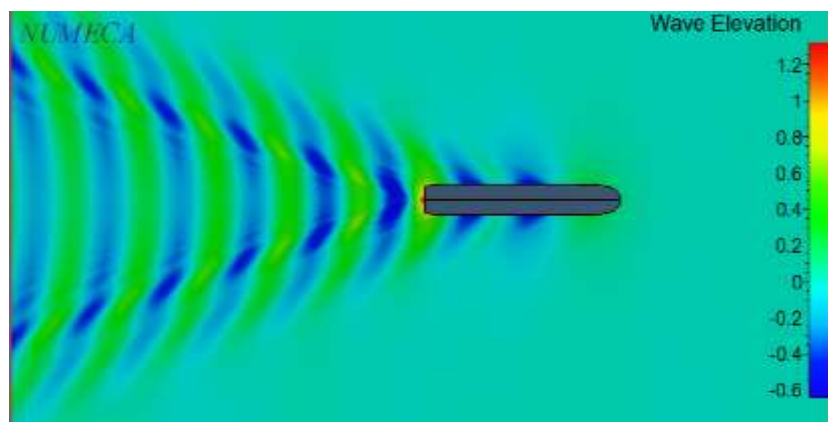
- $V_s = 15$  knot



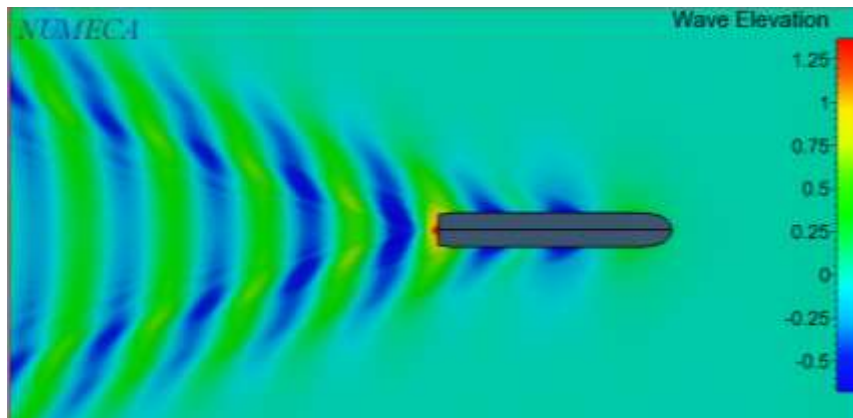
- $V_s = 15,5$  knot



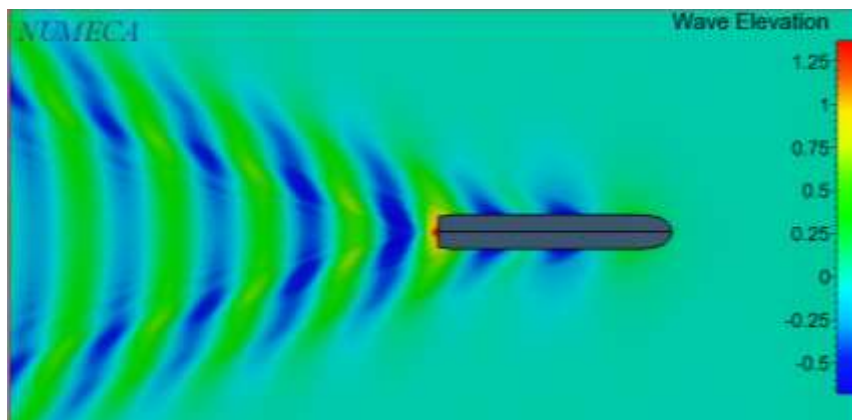
- $V_s = 16$  knot



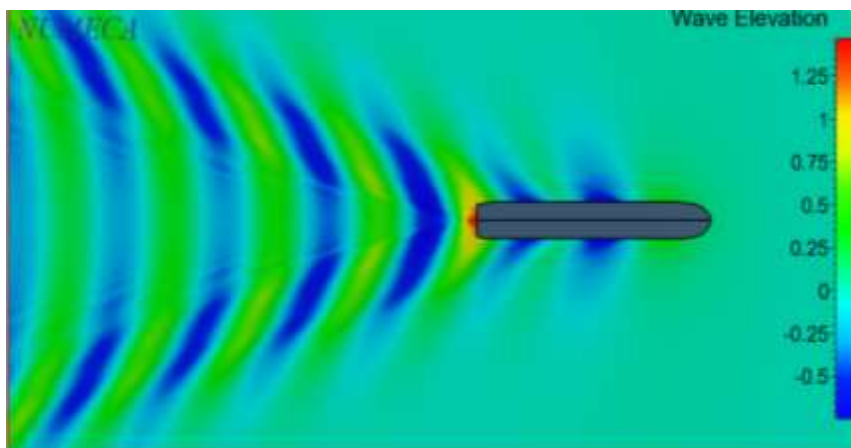
- $V_s = 16,5$  knot



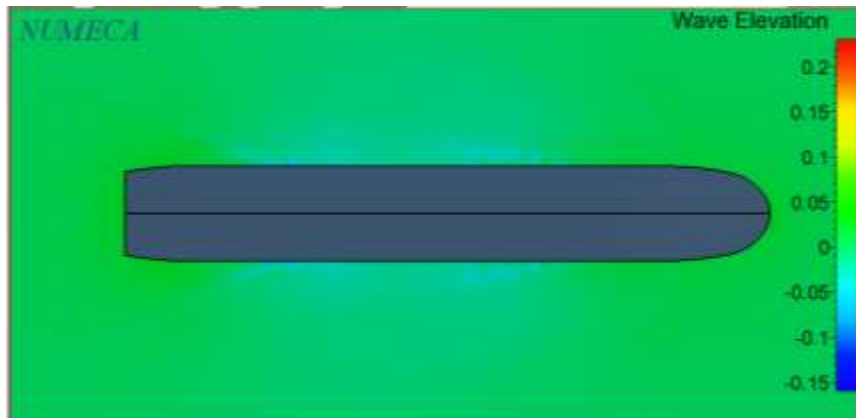
- $V_s = 17$  knot



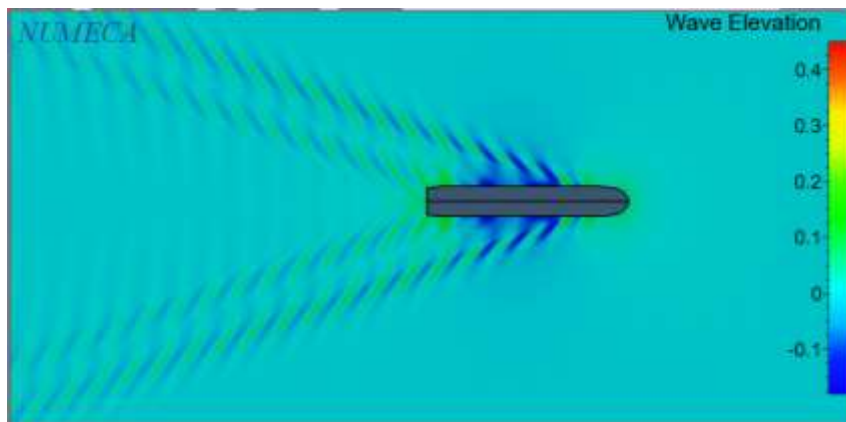
- $V_s = 17,5$  knot



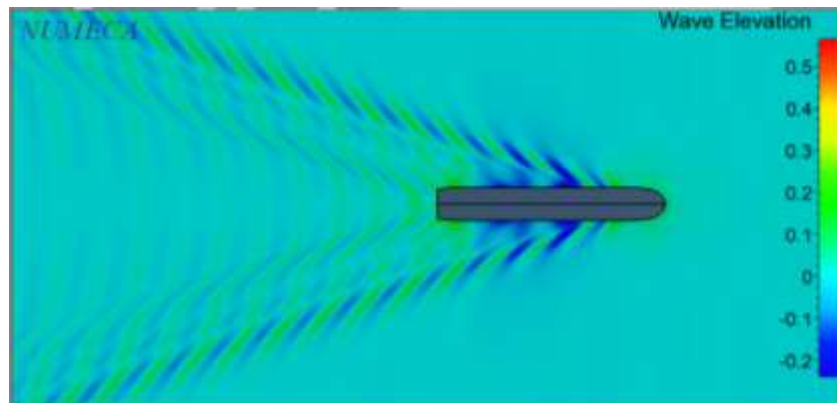
- Lambung Kapal dengan tambahan twin propeller
  - $V_s = 5$  knot



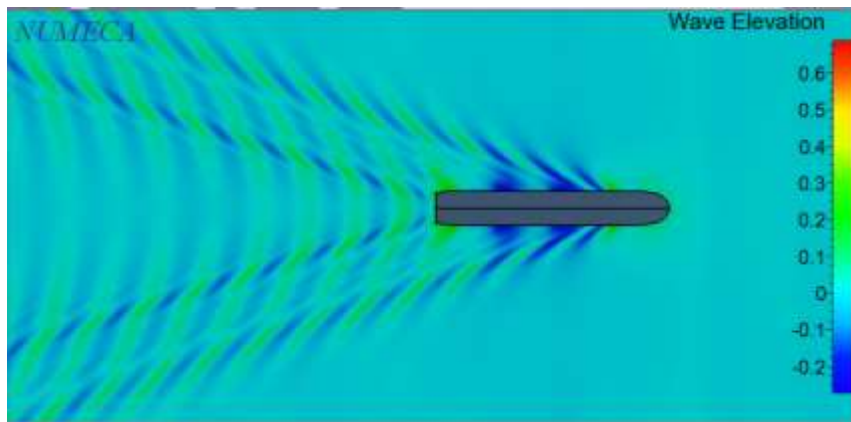
- $V_s = 10$  knot



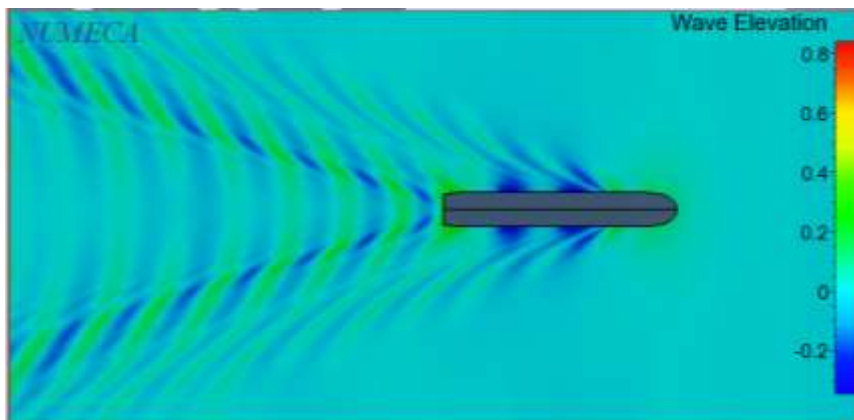
- $V_s = 11$  knot



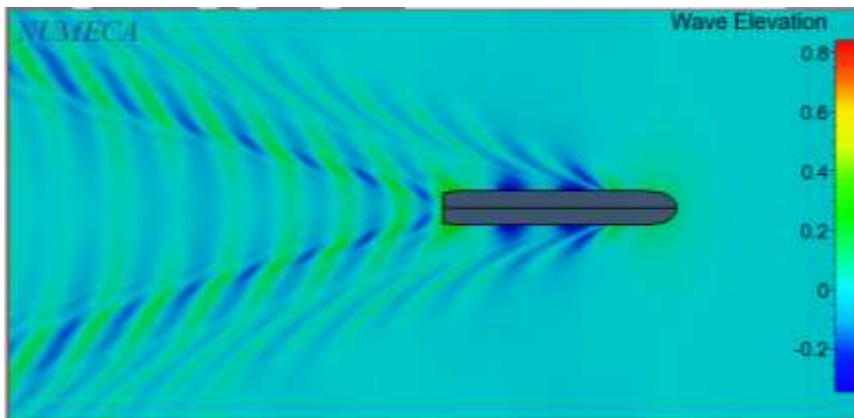
- $V_s = 12$  knot



- $V_s = 13$  knot

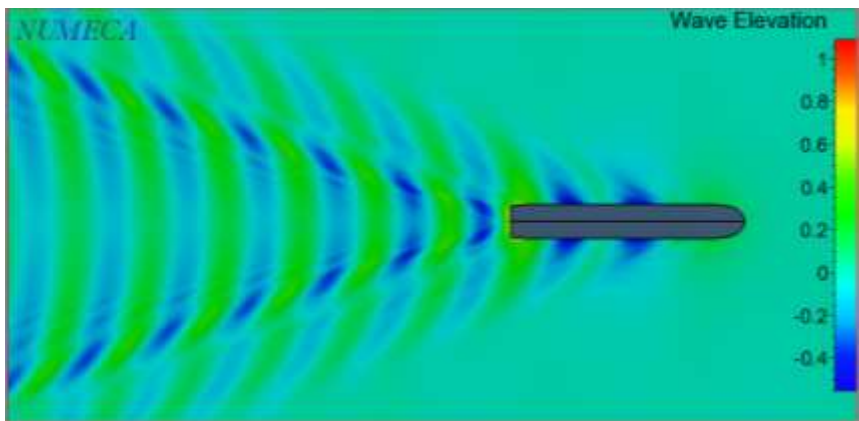


- $V_s = 14$  knot

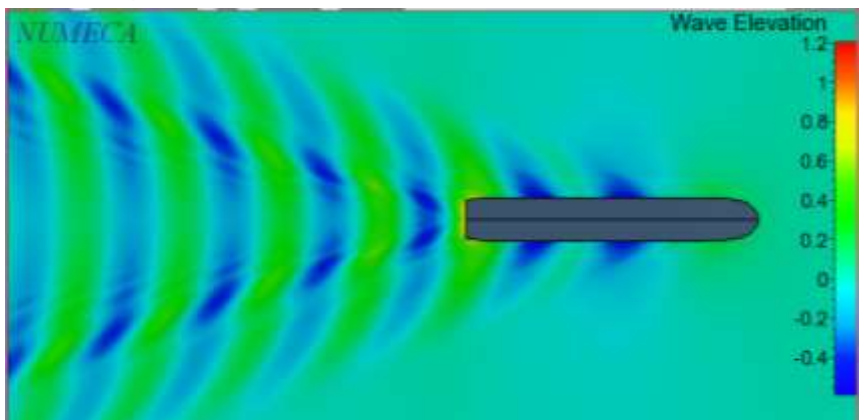




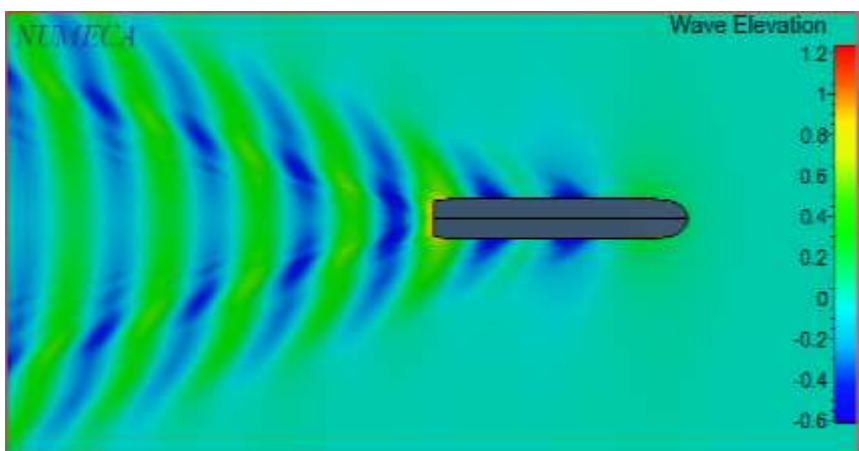
- $V_s = 15$  knot



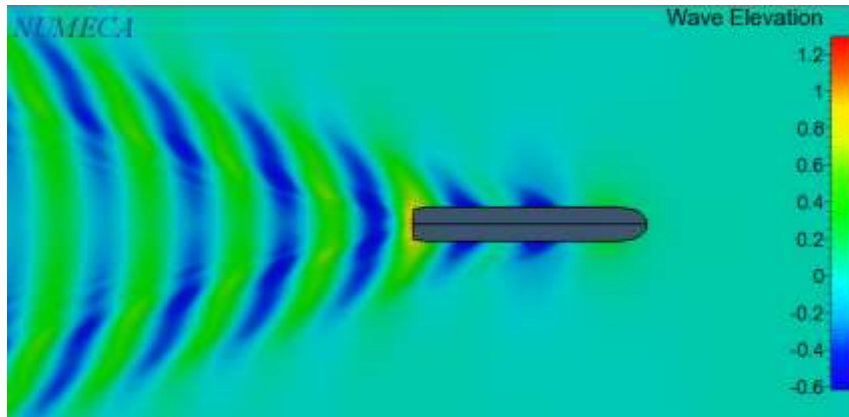
- $V_s = 15,5$  knot



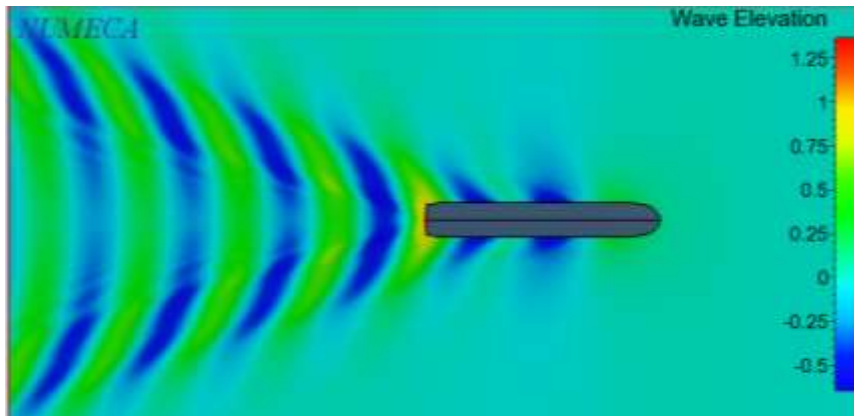
- $V_s = 16$  knot



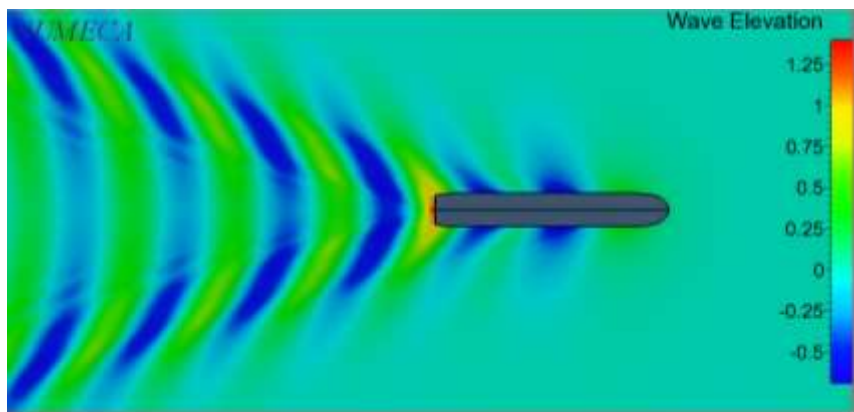
- $V_s = 16,5$  knot



- $V_s = 17$  knot

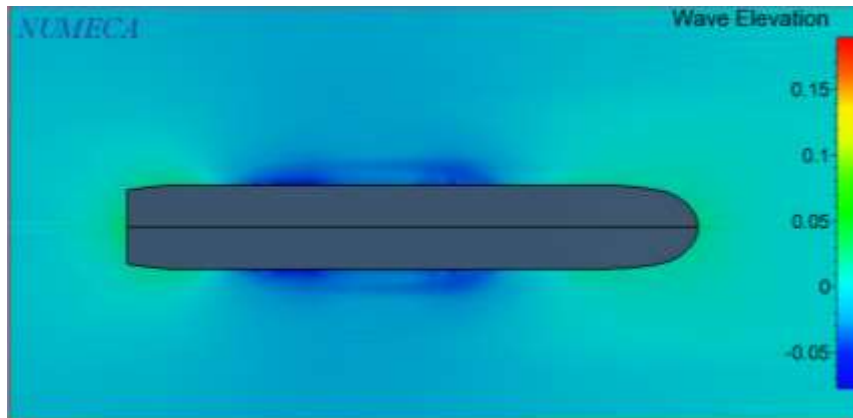


- $V_s = 17,5$  knot

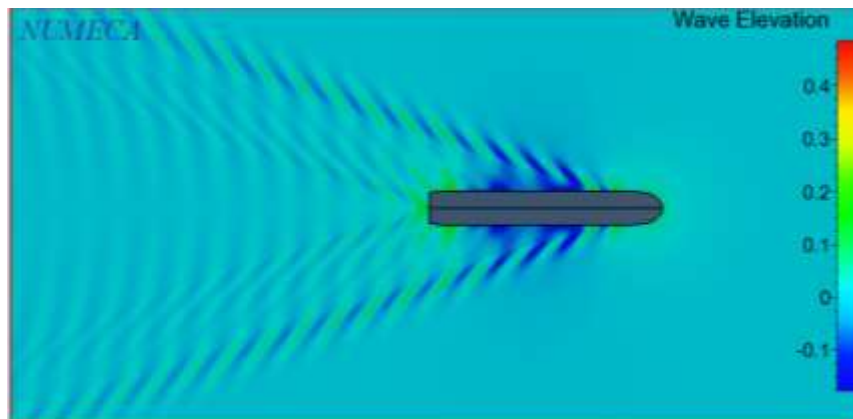




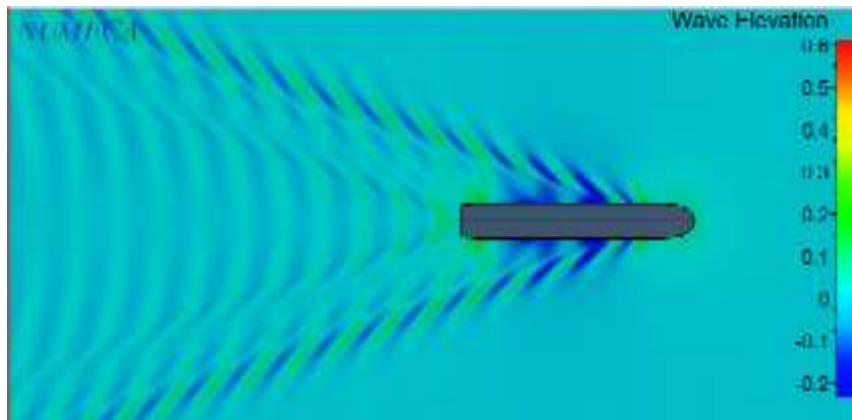
- Lambung Kapal dengan tambahan single propeller
  - $V_s = 5$  knot



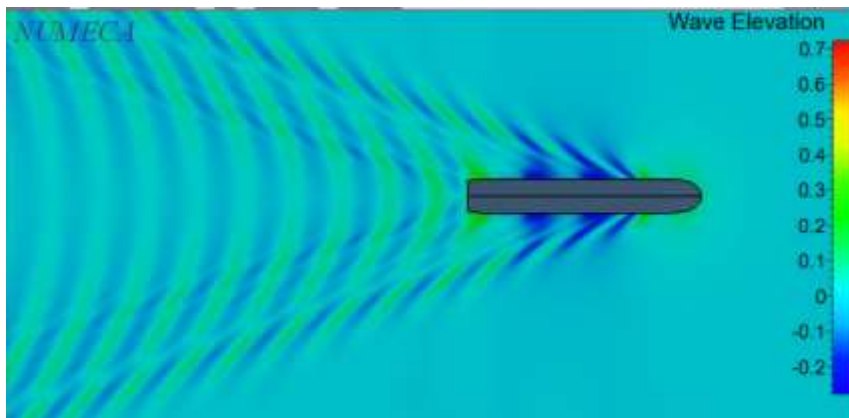
- $V_s = 10$  knot



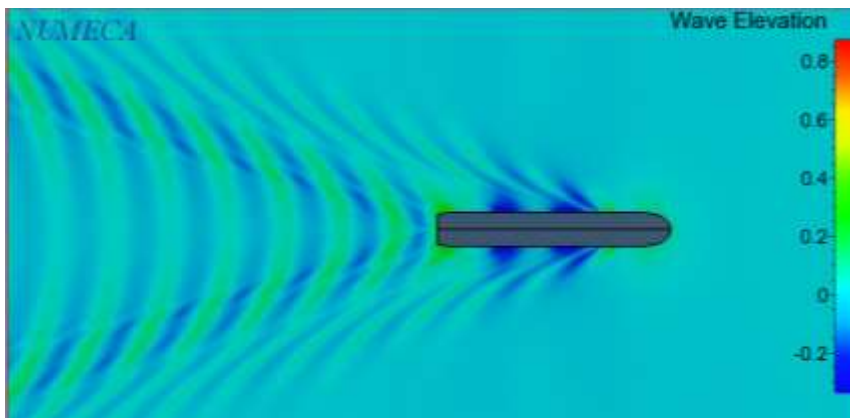
- $V_s = 11$  knot



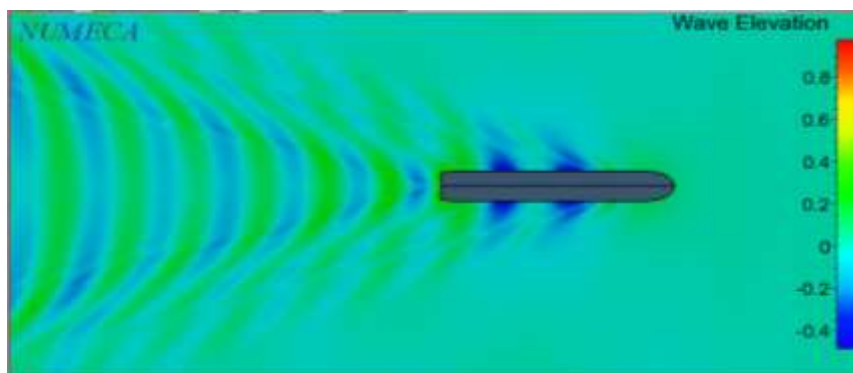
- $V_s = 12$  knot



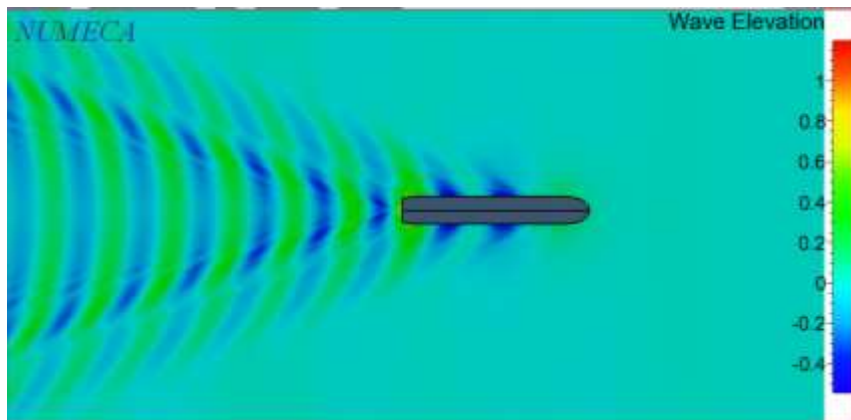
- $V_s = 13$  knot



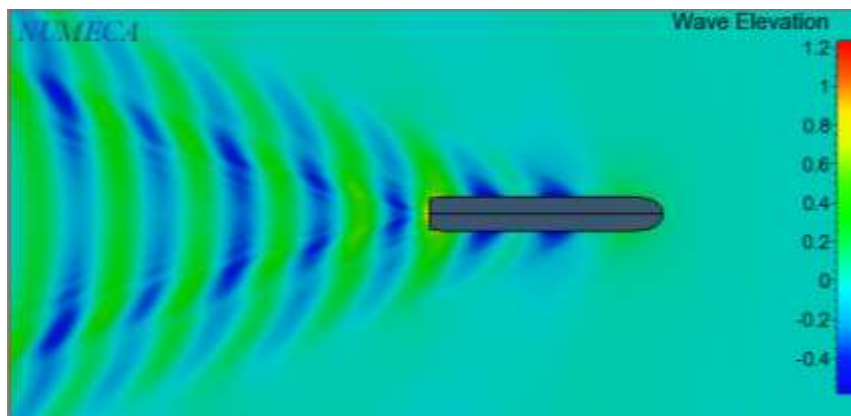
- $V_s = 14$  knot



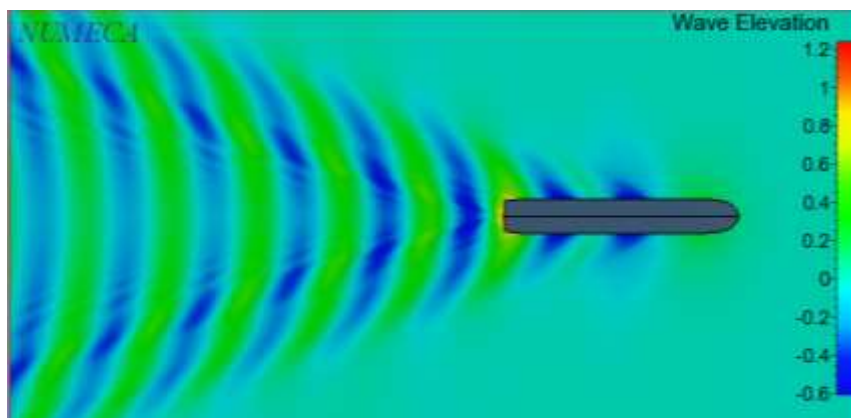
- $V_s = 15$  knot



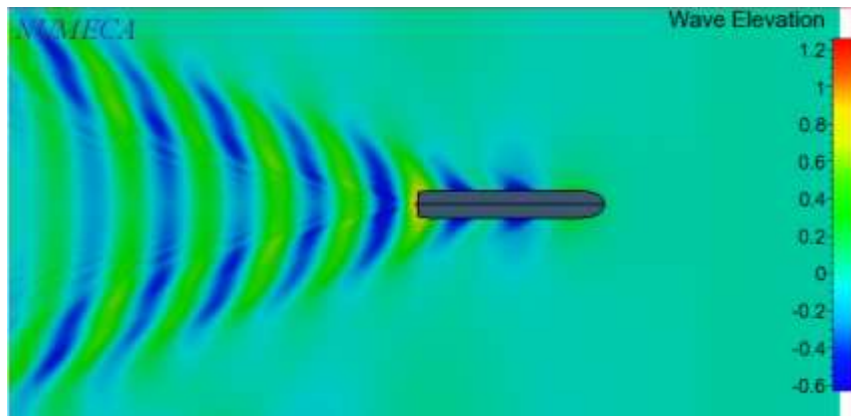
- $V_s = 15,5$  knot



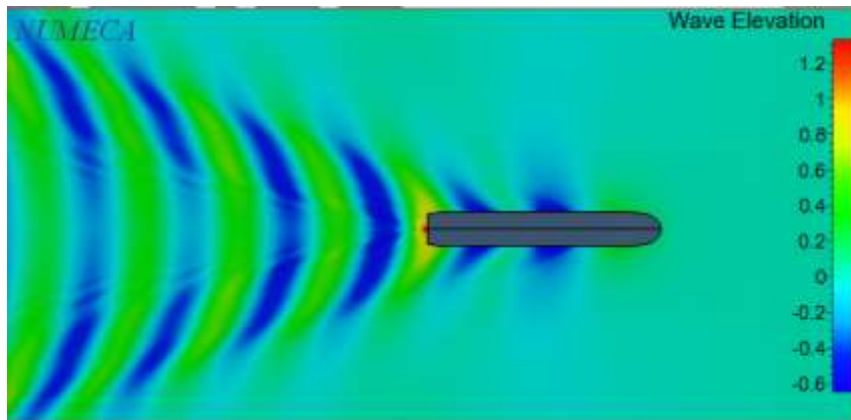
- $V_s = 16$  knot



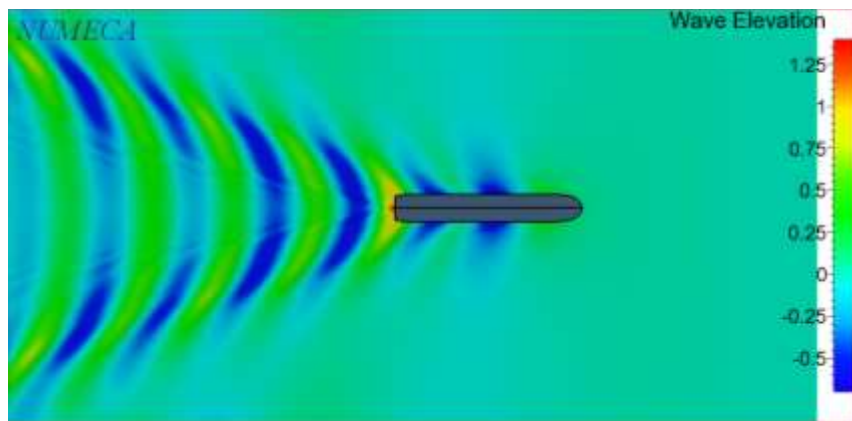
- $V_s = 16,5$  knot



- $V_s = 17$  knot

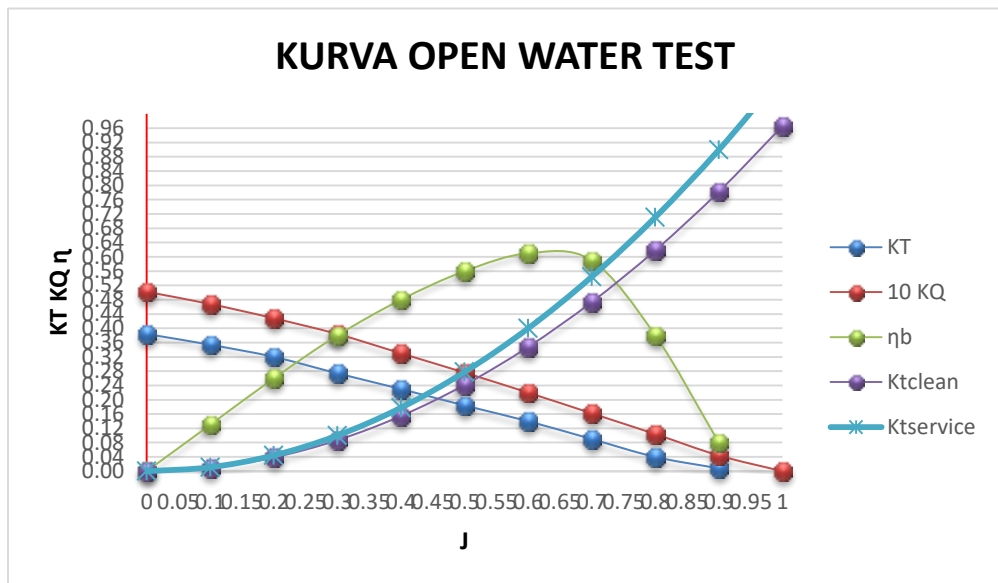


- $V_s = 17,5$  knot

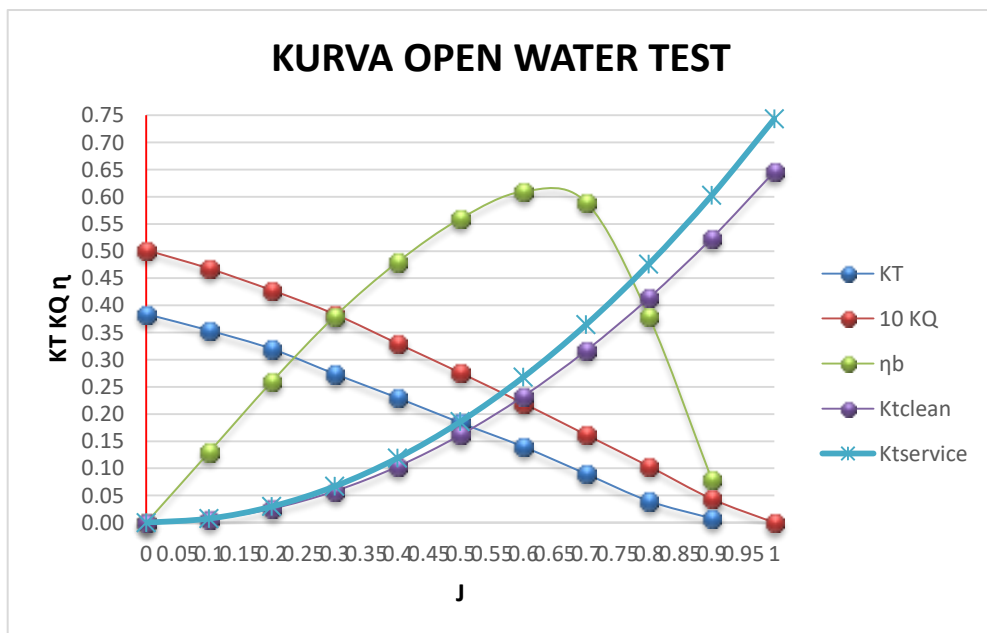


Lampiran 9 Kurva Open Water test diagram (lambung kapal dengan tahanan tambahan twin propeller )

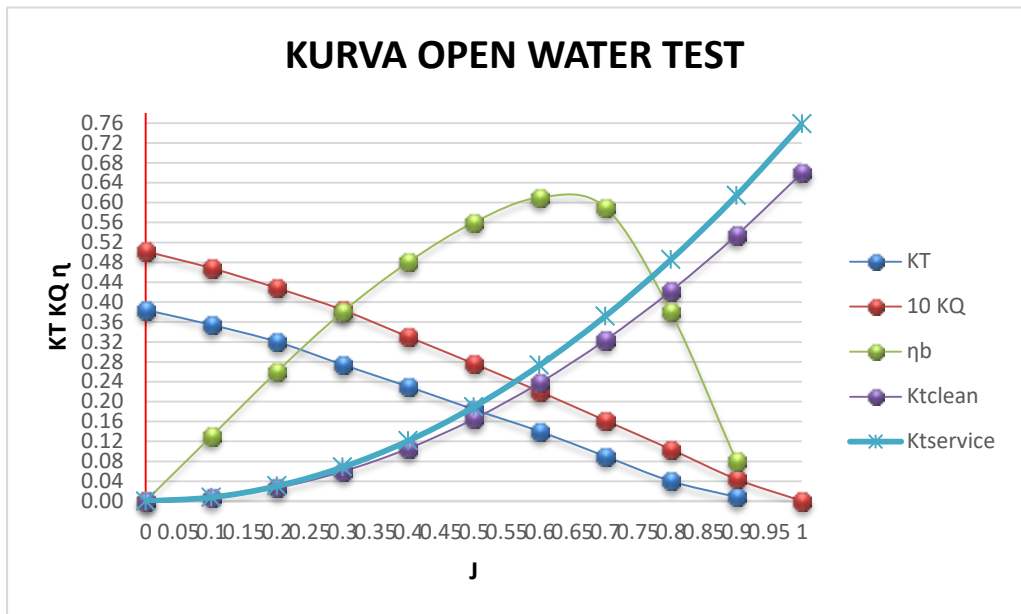
- Open water test diagram kec 5 knot



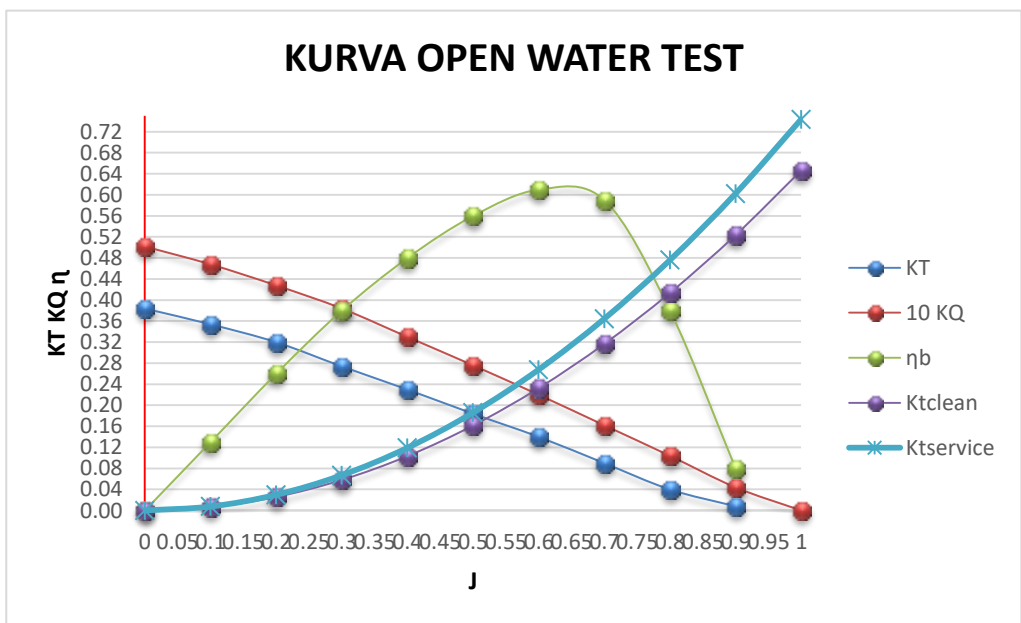
- Open water test diagram kec 10 knot



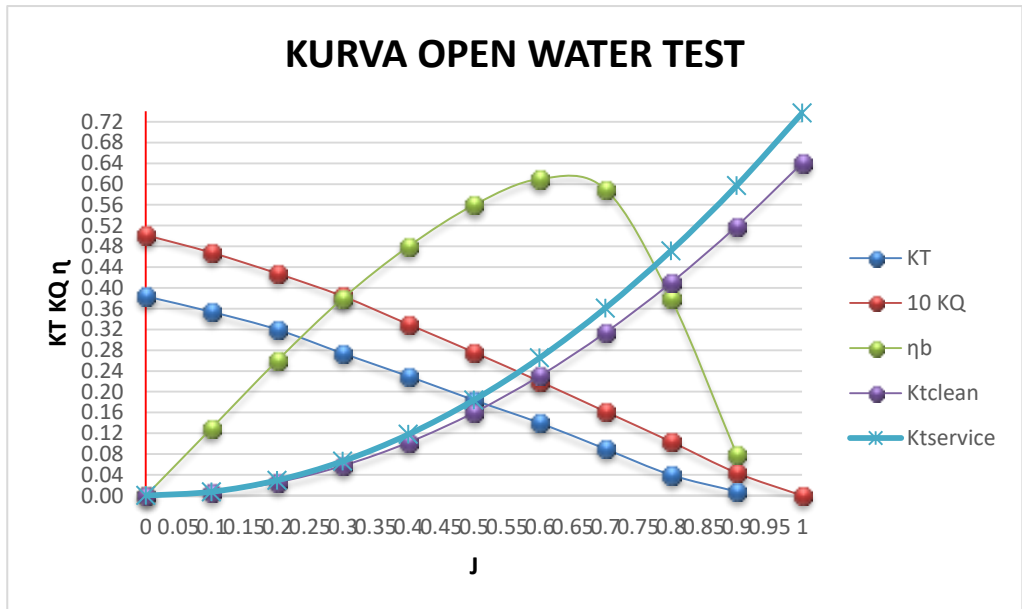
- Open water test diagram kec 11 knot



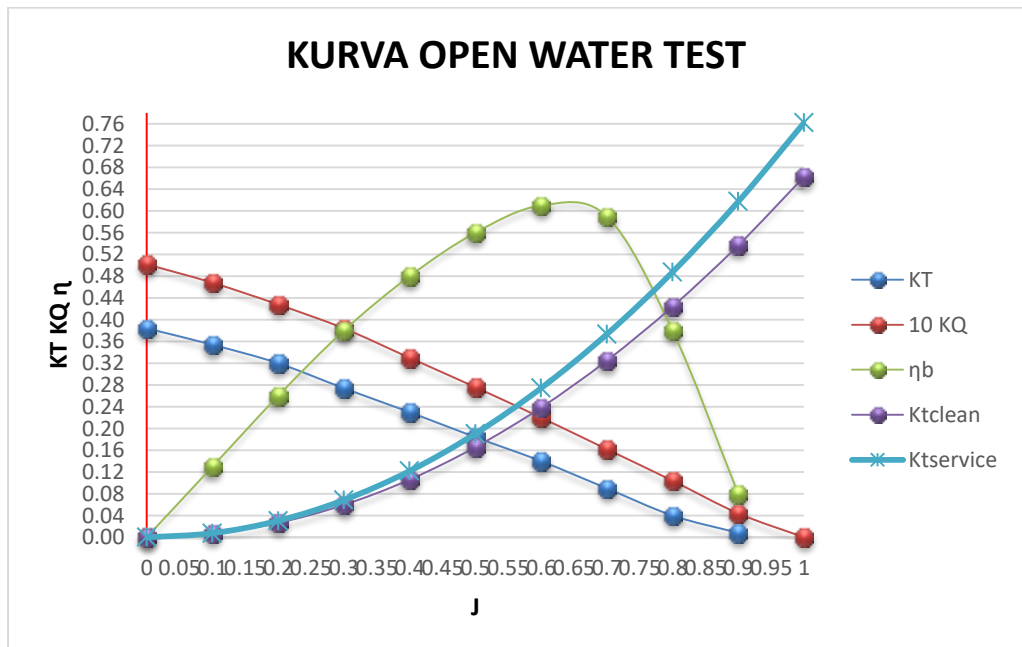
- Open water test diagram kec 12 knot



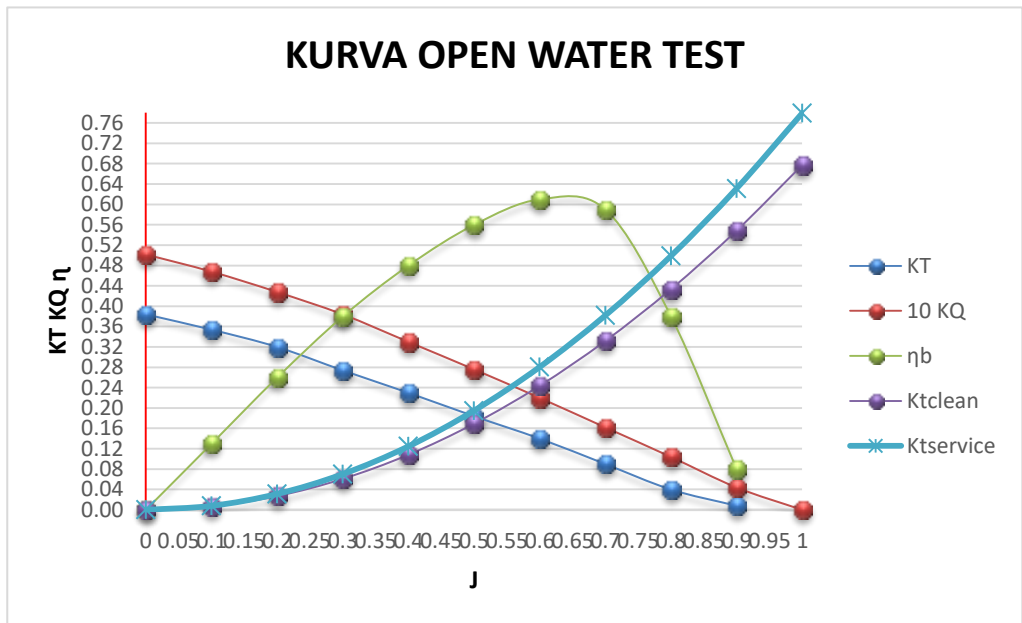
- Open water test diagram kec 13 knot



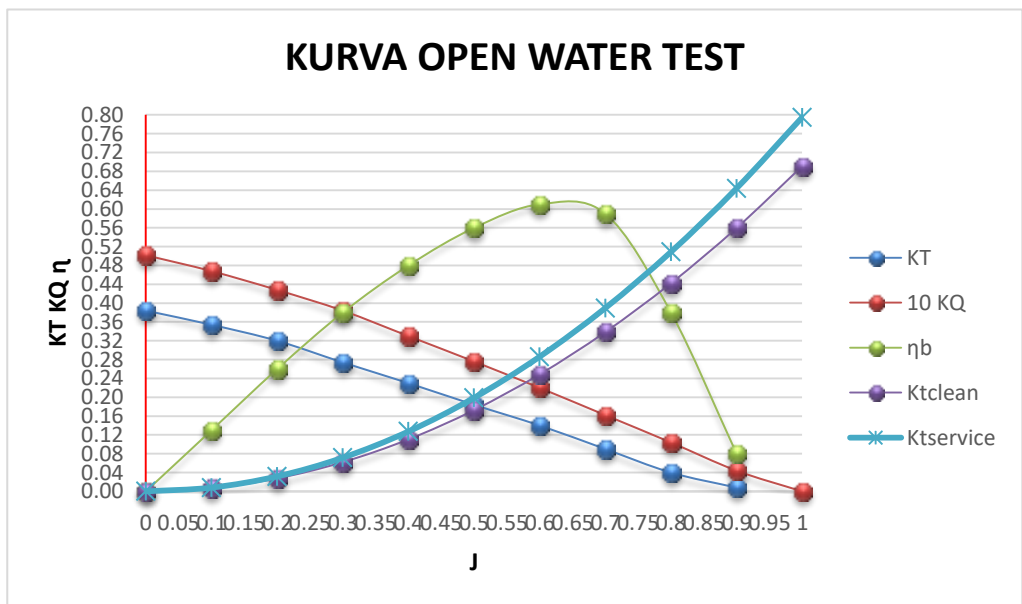
- Open water test diagram kec 14 knot



- Open water test diagram kec 15 knot

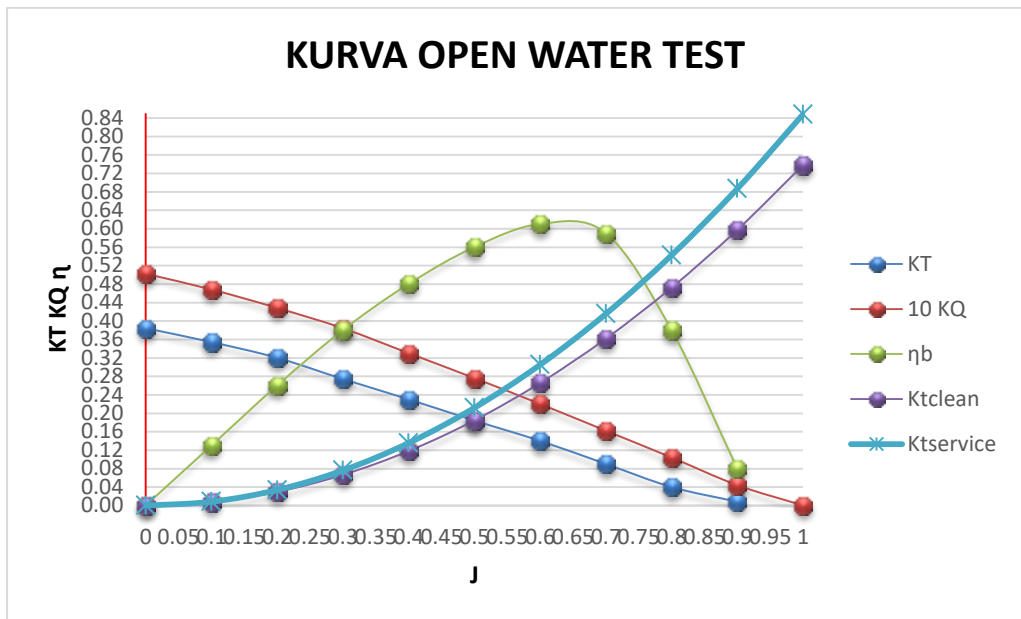


- Open water test diagram kec 15,5 knot

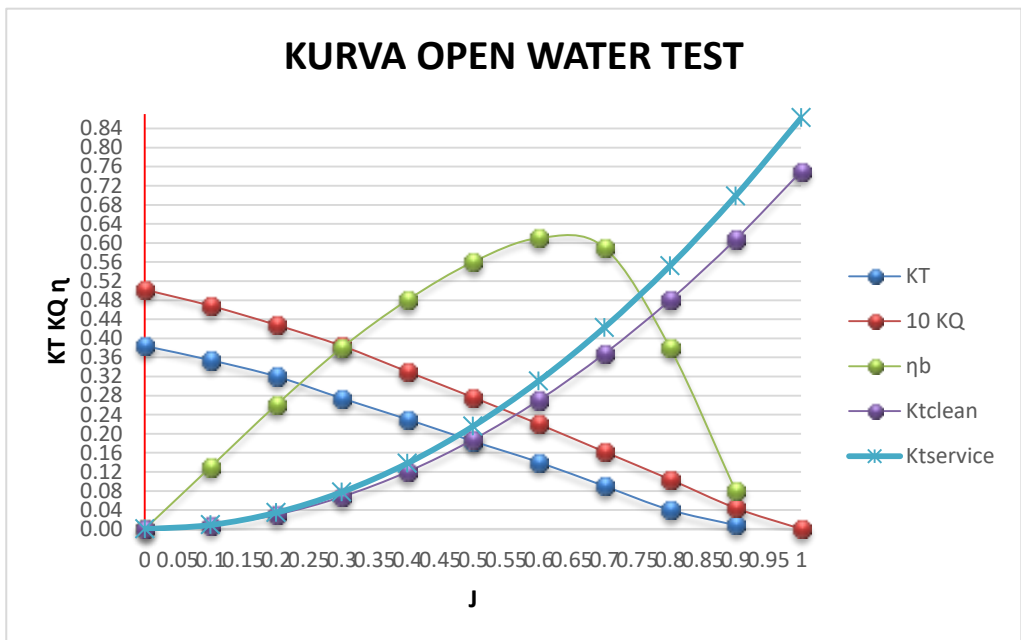




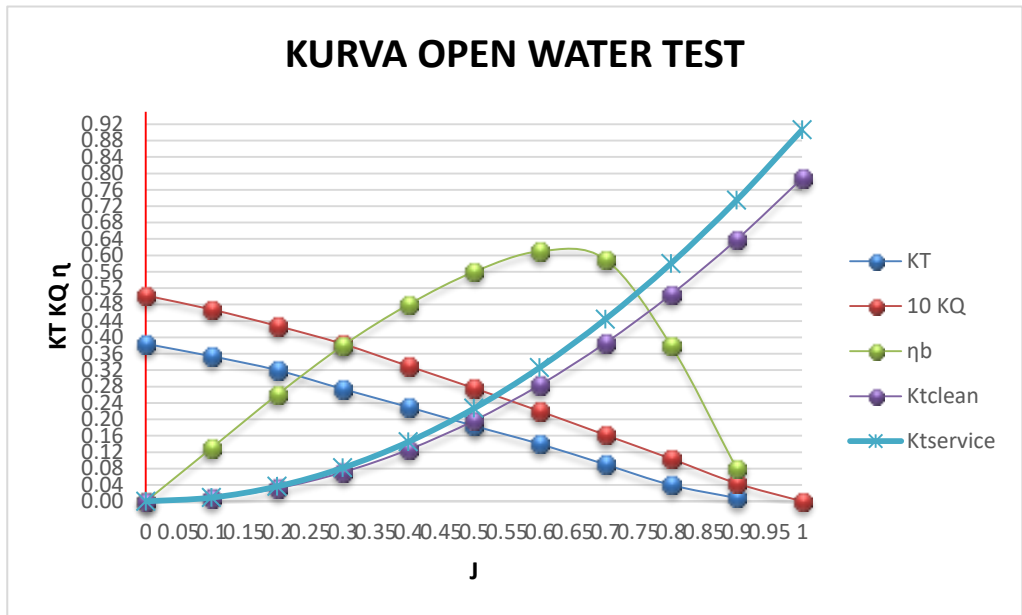
- Open water test diagram kec 16 knot



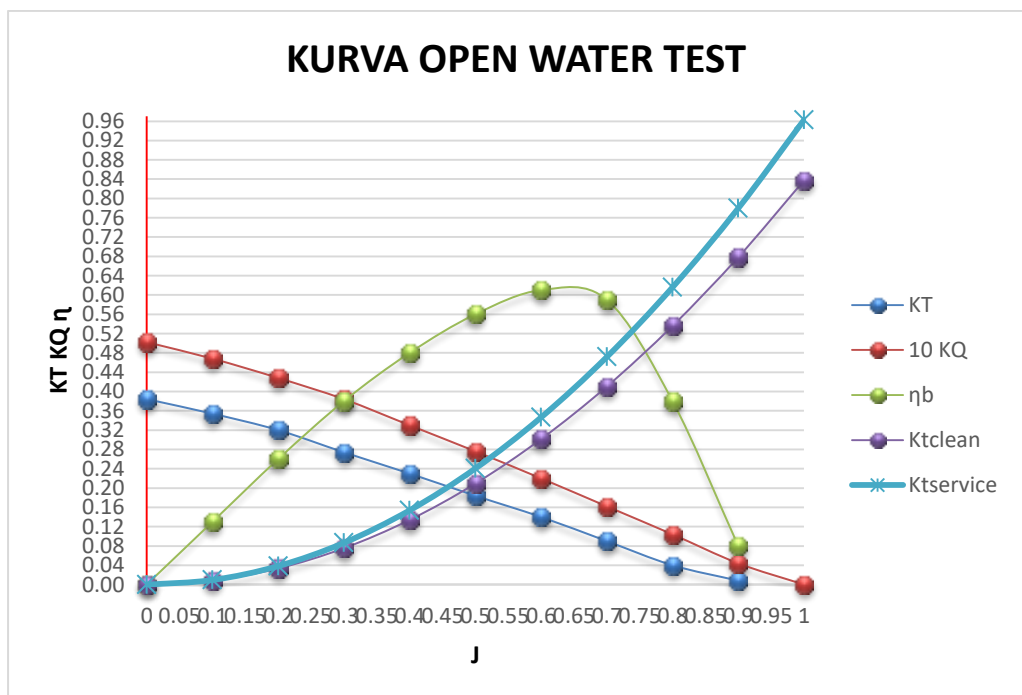
- Open water test diagram kec 16,5 knot



- Open water test diagram kec 17 knot

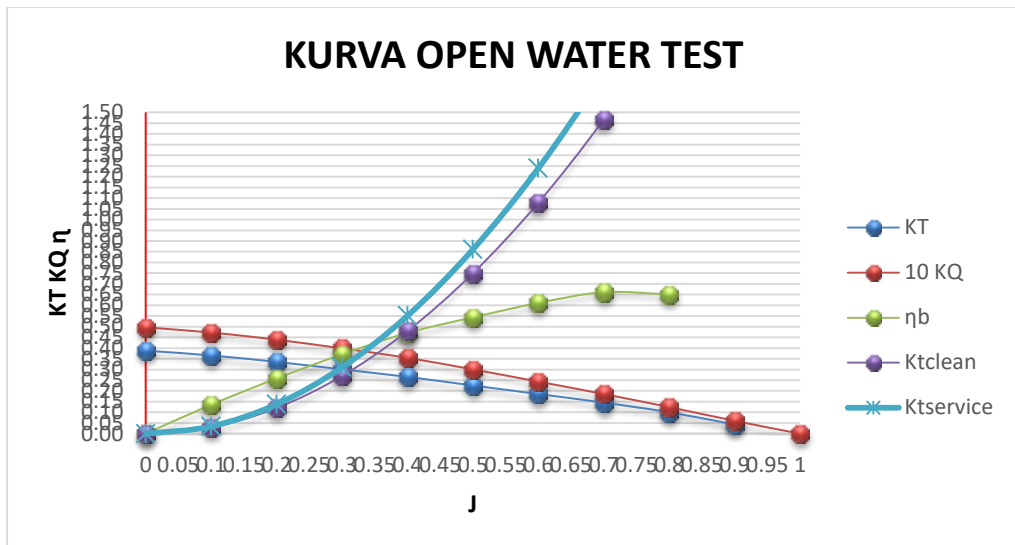


- Open water test diagram kec 17,5 knot

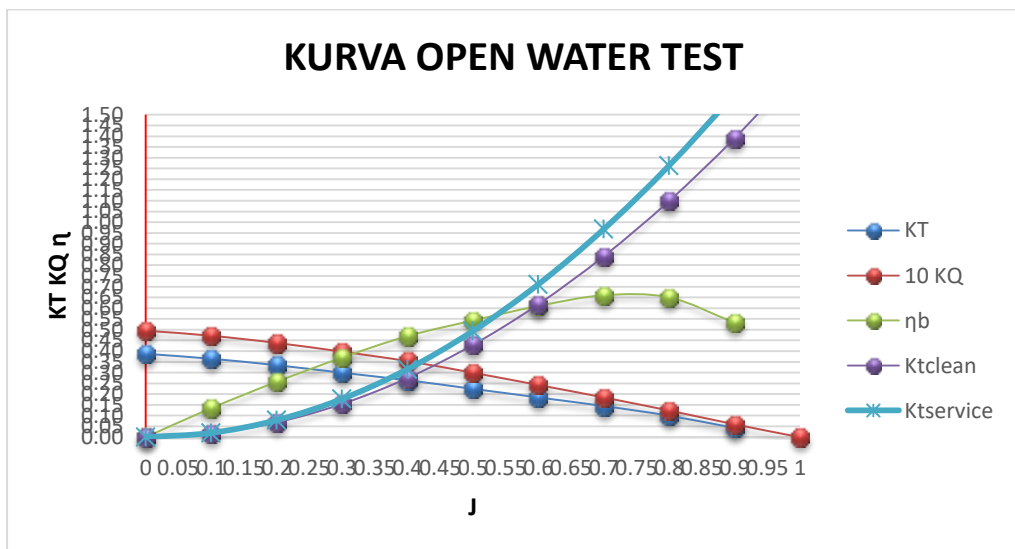


Lampiran 10 Kurva Open Water test diagram (lambung kapal dengan tahanan tambahan single propeller )

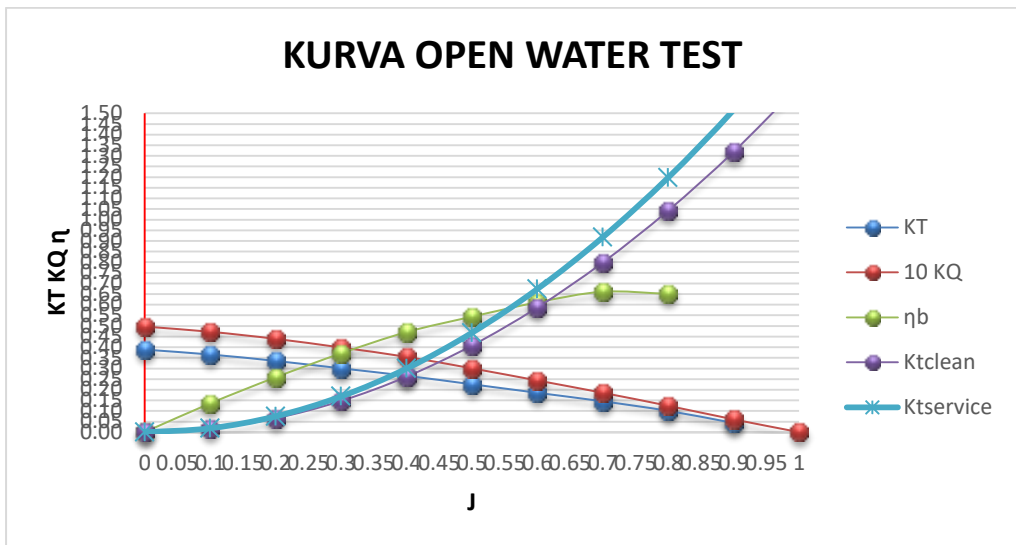
- Open water test diagram kec 5 knot



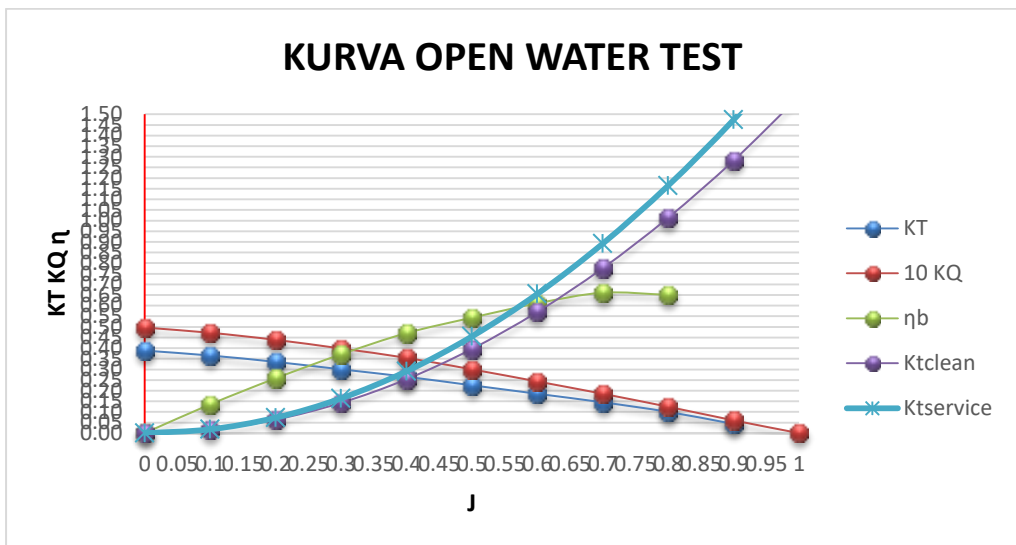
- Open water test diagram kec 10 knot



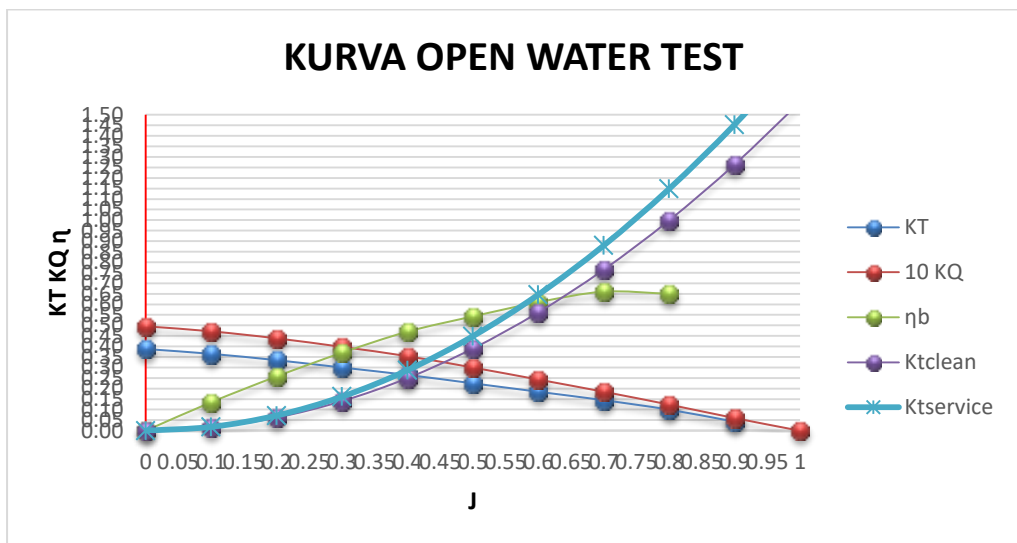
- Open water test diagram kec 11 knot



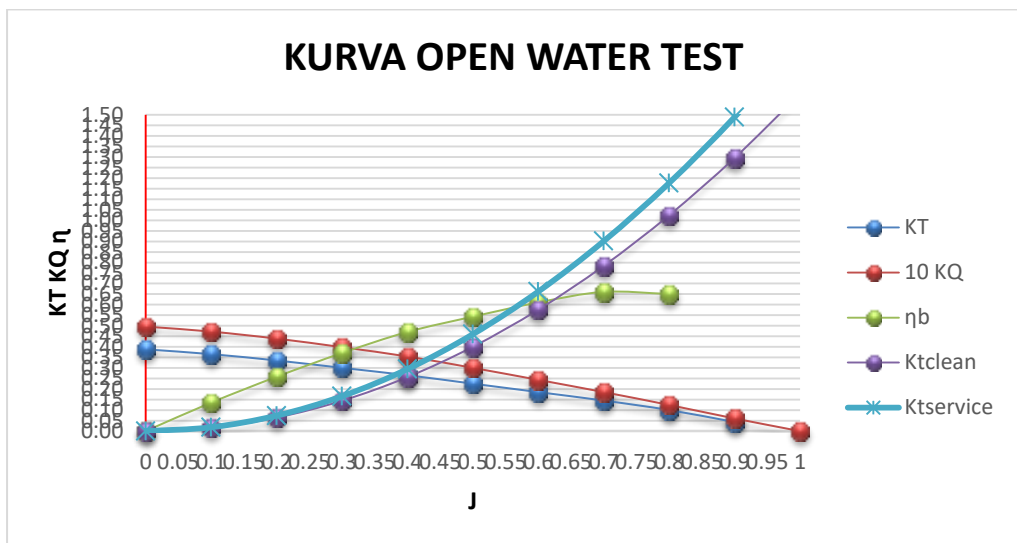
- Open water test diagram kec 12 knot



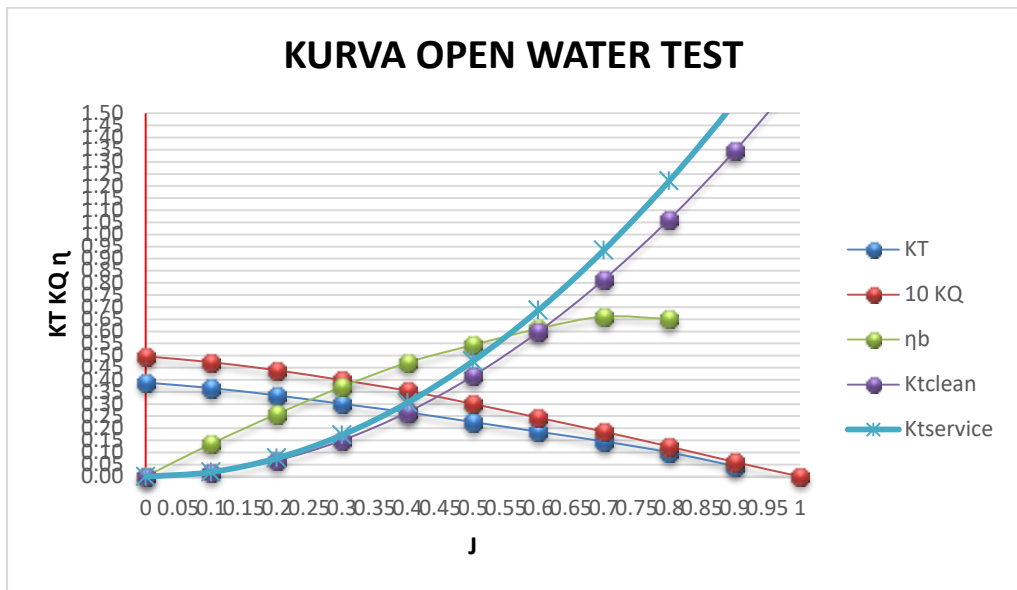
- Open water test diagram kec 13 knot



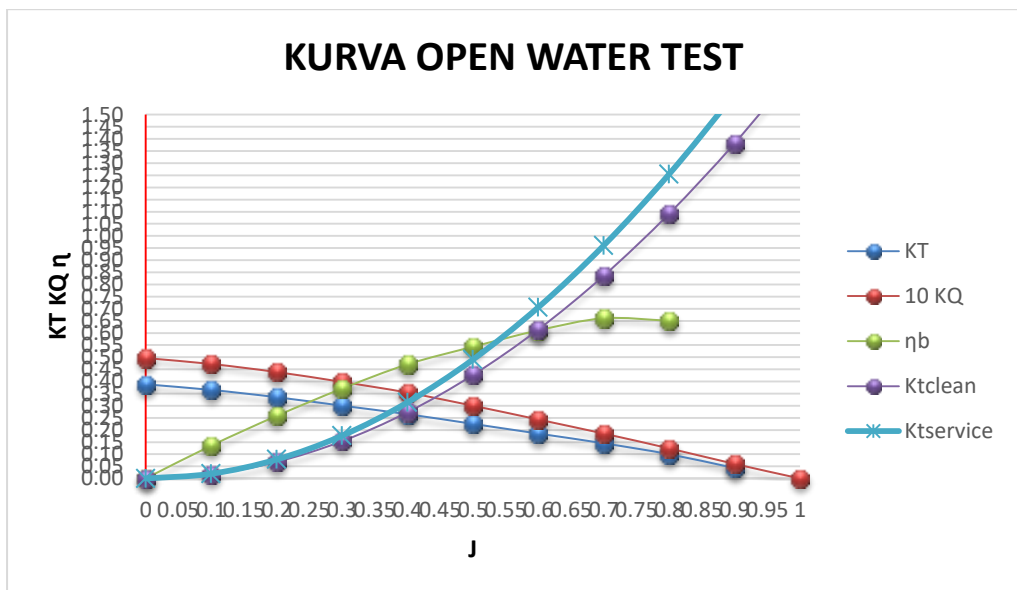
- Open water test diagram kec 14 knot



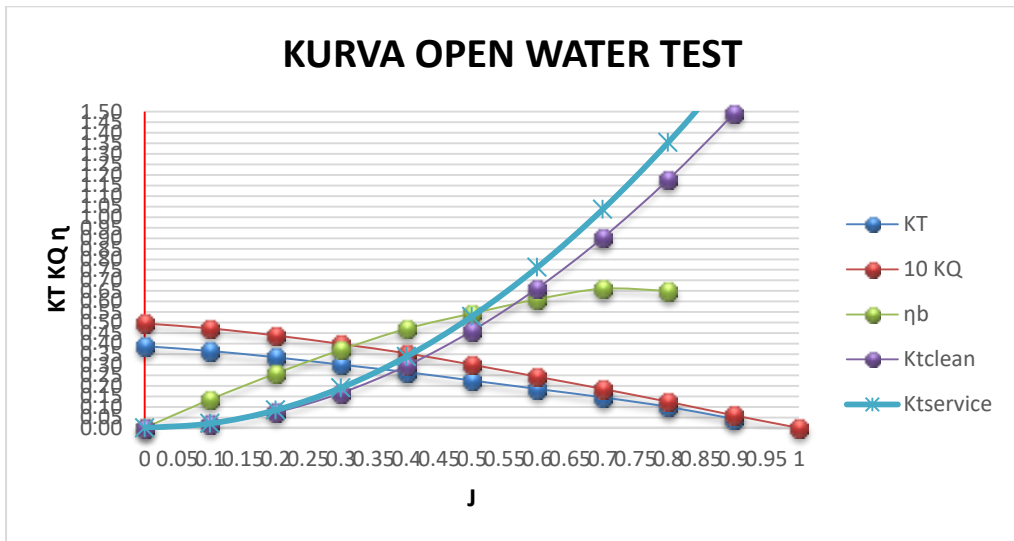
- Open water test diagram kec 15 knot



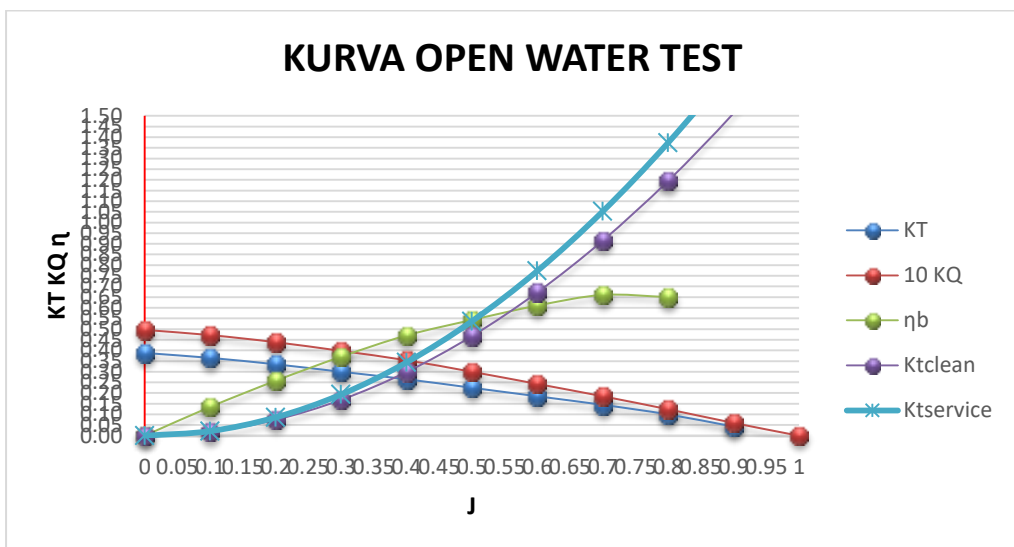
- Open water test diagram kec 15,5 knot



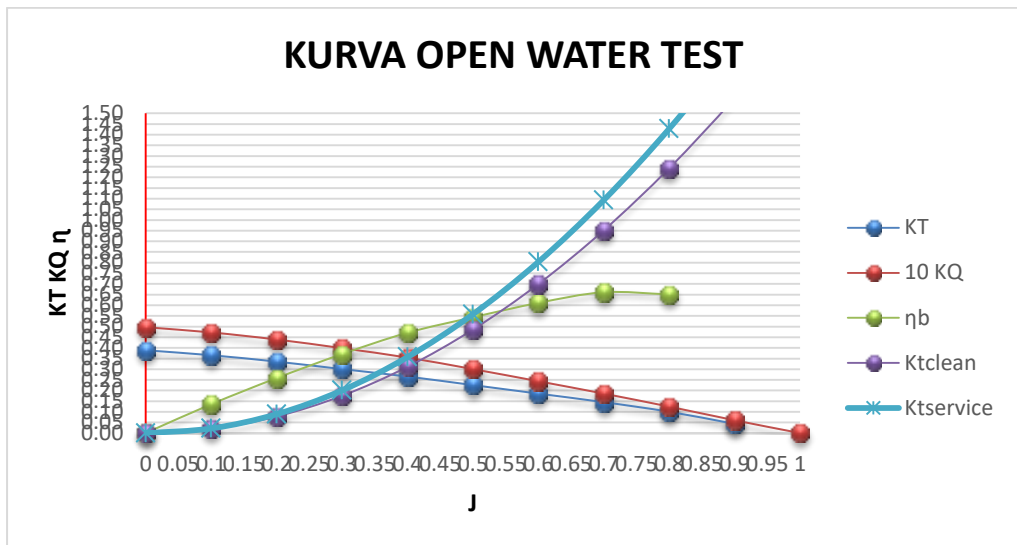
- Open water test diagram kec 16 knot



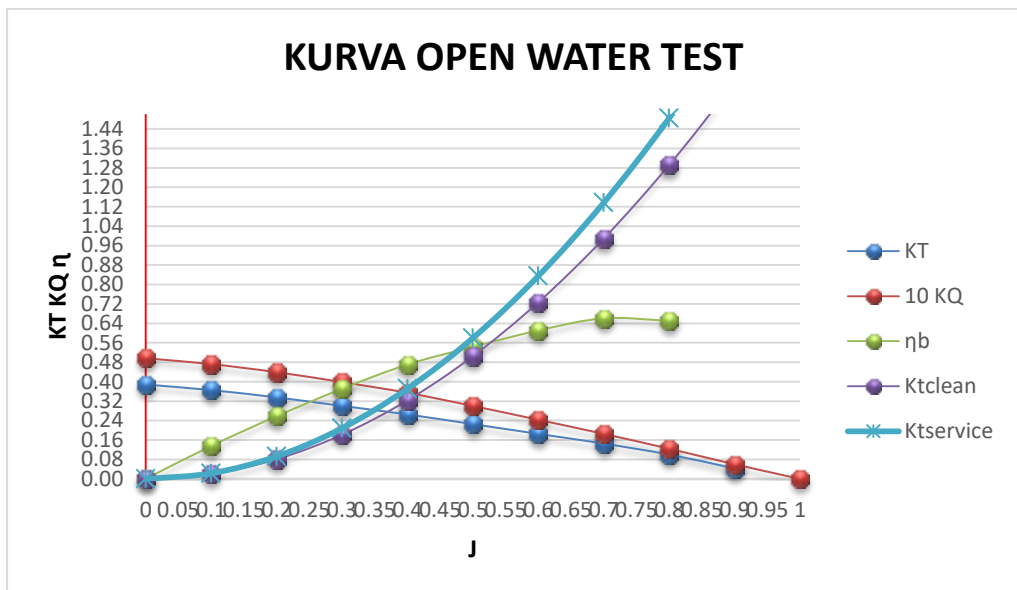
- Open water test diagram kec 16,5 knot



- Open water test diagram kec 17 knot



- Open water test diagram kec 17,5 knot







#### BIODATA PENULIS

Aditya Fajar Kurniawan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara yang lahir di Jember pada tanggal 08 Juli 1994. Saat ini penulis tinggal di kota Jember bersama keluarganya. Penulis telah menyelesaikan pendidikannya di SD Negeri Karangrejo II Jember, SMP Negeri 4 Jember, SMA Negeri 2 Jember dan pada tahun 2012 menempuh pendidikan Diploma 3 (D3) di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPPNS-ITS) jurusan Teknik Permesinan Kapal program studi Teknik Permesinan Kapal. Kemudian melanjutkan studi Lintas Jalur S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS pada tahun 2015. Penulis menulis Tugas Akhir bidang Marine Manufacturing & Design (MMD).